

32 位 MCU
ES32F362x

数 据 手 册

- 产品简介
- 数据手册
- 参考手册

上海东软载波微电子有限公司

2024-07-04

基于 ARM Cortex-M3 的 ES32F362x 系列 MCU

内核

- ARM 32 位 Cortex-M3 CPU
 - 最高频率可达 72MHz

存储

- 最大 512K Byte FLASH 存储器
 - 支持 ECC 校验
 - 4KB I-Cache, 支持指令预取
- 最大 48K Byte SRAM 数据存储
 - 支持偶校验

电源、复位

- 芯片工作电压范围:
 - $2.2V \leq VDD \leq 5.5V$
- POR, BOR, LVD

时钟

- 外部高速晶体振荡器: 1~16MHz
- 内部高速 RC 振荡器: 4MHz
- 外部低速晶体振荡器: 32.768KHz
- 内部低速 RC 振荡器: 32.768KHz
- 内部锁相环 PLL: 最高可倍频至 72MHz

低功耗模式

- 支持以下低功耗模式
 - SLEEP
 - STOP1/STOP2
 - STANDBY
 - SHUTDOWN

系统外设

- 调试: SWD 串口调试协议
- 调试配置控制模块 (DBGMC)
- DMA: 支持 12 个多路复用通道
- PIS: 支持 16 个外设互联通道
- 看门狗定时器: IWDG 和 WWDG
- 系统节拍定时器

接口资源

- 通用 I/O: 多达 56 个通用 I/O

安全及运算加速单元

- 循环冗余校验 CRC: 支持 4 种多项式
- 运算加速器 CALC: 支持快速平方根运算

模拟

- 1 路 12 位 ADC: 最大采样速率 2MSPS
 - 支持 16 个外部模拟通道
 - 可选择 VDD 参考或外部参考
- 1 路 12 位 DAC: 最大采样速率 1MSPS
- 内部温度传感器 (可输入至 ADC 通道)
- 内部 1.2V 参考源 (可输入至 ADC 通道)

定时器

- 1 路 16 位高级定时器: 支持 4 个输入捕捉和输出比较通道, 支持 3 个死区可编程 PWM 互补输出通道, 支持刹车功能
- 2 路 16 位通用定时器: 支持 4 路独立的输入捕捉和输出比较通道
- 2 路 32 位通用定时器: 支持 4 路独立的输入捕捉和输出比较通道
- 2 路基本定时器
- 1 路 16 位低功耗定时器: 支持低速时钟计数
- RTC: 支持日历, 闹钟等功能

通信接口

- 2 路 I2C 接口: 支持作为主机或从机使用, 支持 SMBus
- 2 路 SPI/I2S 接口: 4 级深度 FIFO, 支持作为主机或从机使用, 其中 1 路 SPI 支持 4 线主机通信模式
- 6 路 UART: 4 级深度 FIFO, 可支持自动波特率检测, 其中 2 路支持红外调制功能、ISO7816 智能卡、LIN 模式
- 1 路 LPUART: 带 4 级深度 FIFO, 支持自动波特率检测, 支持红外调制功能
- 1 路 BxCAN: 支持 CAN2.0B 协议规范

产品系列代码	产品代号
ES32F362x	ES32F3626LTE
	ES32F3624LQE

目 录

基于 ARM Cortex-M3 的 ES32F362x 系列 MCU	2
第 1 章 简介	8
第 2 章 概述	9
2.1 器件资源	10
2.2 器件资源概述	13
2.2.1 ES32F362x 系列 MCU 内核	13
2.2.1.1 ARM Cortex-M3 内核	13
2.2.1.2 嵌套向量中断控制器 (NVIC)	13
2.2.1.3 系统节拍定时器 (SysTick)	13
2.2.1.4 串行线调试 (SWD)	13
2.2.2 存储器	13
2.2.2.1 闪存 (Flash)	13
2.2.2.2 静态随机存取存储器 (SRAM)	13
2.2.3 系统管理	14
2.2.3.1 电源	14
2.2.3.2 电源监视	14
2.2.3.3 稳压器	14
2.2.3.4 低功耗模式	14
2.2.3.5 时钟管理	15
2.2.3.6 直接存储器访问 (DMA)	15
2.2.3.7 外设互联 (PIS)	15
2.2.3.8 看门狗定时器 (WDT)	15
2.2.4 外部接口	16
2.2.4.1 通用端口 (GPIO)	16
2.2.5 安全管理及运算加速	16
2.2.5.1 循环冗余校验 (CRC)	16
2.2.5.2 运算加速器 (CALC)	16
2.2.6 定时器	17
2.2.6.1 高级定时器 (AD16C4T)	17
2.2.6.2 通用 32 位定时器 (GP32C4T)	17
2.2.6.3 通用 16 位定时器 (GP16C4T)	17
2.2.6.4 基本定时器 (BS16T)	18
2.2.6.5 低功耗定时器 (LP16T)	18
2.2.6.6 实时时钟计数器 (RTC)	18
2.2.7 通信	19
2.2.7.1 内部集成电路总线 (I2C)	19
2.2.7.2 串行外设接口 (SPI/I2S)	19
2.2.7.3 通用异步收发器 (UART)	19
2.2.7.4 低功耗通用异步收发器 (LPUART)	19
2.2.7.5 基本扩展控制器局域网络 (BxCAN)	20
2.2.8 模拟	21
2.2.8.1 模数转换 (ADC)	21

	2.2.8.2 数模转换 (DAC)	21
第 3 章	管脚说明	22
3.1	管脚图	22
3.1.1	LQFP64	22
3.1.2	LQFP48	23
3.2	管脚功能定义	24
第 4 章	存储器映射图	27
第 5 章	电气特性	28
5.1	最小值和最大值、典型值	28
5.2	芯片电源	28
5.3	电流测量	29
5.4	芯片极限参数	30
5.4.1	极限电压参数	30
5.4.2	极限电流参数	30
5.4.3	极限热参数	30
5.5	运行条件	31
5.5.1	运行条件	31
5.5.2	上电和掉电参数条件	31
5.5.3	复位和电源管理模块电气参数	31
5.5.4	电流特性	34
5.5.5	外部时钟源电气参数	37
5.5.6	内部时钟源电气参数	40
5.5.7	锁相环电气参数	41
5.5.8	FLASH 存储电气参数	41
5.5.9	电磁兼容性	42
5.5.9.1	电磁敏感性	42
5.5.10	电气最大额定值	42
5.5.10.1	静电释放	42
5.5.10.2	静态门锁	42
5.5.11	I/O 端口电气特性	43
5.5.11.1	芯片 I/O 端口输出特性 (驱动 0)	44
5.5.11.2	芯片 I/O 端口输出特性 (驱动 1)	48
5.5.12	MRST 电气特性	53
5.5.13	定时器特性参数	54
5.5.14	通信特性参数	55
5.5.14.1	内部集成电路总线 (I2C) 特性参数	55
5.5.14.2	串行外设接口 (SPI) 特性参数	57
5.5.15	低功耗模式转换特性参数	58
5.5.16	模数转换器 (ADC) 特性参数	59
5.5.17	数模转换器 (DAC) 特性参数	61
5.5.18	温度传感器特性参数	61
第 6 章	封装信息	62
6.1	LQFP64 封装尺寸图	62
6.2	LQFP48 封装尺寸图	63

第 7 章	产品信息.....	64
第 8 章	修订历史.....	65

图目录

图 2-1	ES32F362x 系列系统框图	11
图 2-2	ES32F362x 系列时钟树框图.....	12
图 3-1	ES32F362x LQFP64 顶视图.....	22
图 3-2	ES32F362x LQFP48 顶视图.....	23
图 4-1	存储器映射	27
图 5-2	电流测量.....	29
图 5-3	外部高速振荡器连接图.....	38
图 5-4	外部低速振荡器连接图.....	39
图 5-5	MRST 应用电路 1	53
图 5-6	MRST 应用电路 2	53
图 5-7	I2C 测试电路和波形	56
图 5-8	Rdac 示意图.....	61

表目录

表 2-1	器件资源列表	10
表 2-2	定时器功能	17
表 3-1	ES32F362x 的管脚功能定义	26
表 5-1	极限电压参数 ^[1]	30
表 5-2	极限电流参数 ^[1]	30
表 5-3	极限热参数 ^[1]	30
表 5-4	芯片通常运行条件 ^[3]	31
表 5-5	芯片在上电和掉电时的参数条件	31
表 5-6	复位和电源管理模块电气参数	33
表 5-7	程序在 FLASH 上运行时的电流特性 ^{[1][2]}	34
表 5-8	程序在 SRAM 上运行时的电流特性 ^{[1][2]}	34
表 5-9	SLEEP 模式电流特性 ^{[1][2]}	35
表 5-10	STOP1 模式下电流特性 ^[1]	35
表 5-11	STOP2 模式下电流特性 ^[1]	35
表 5-12	STANDBY 模式下电流特性 ^[1]	36
表 5-13	SHUTOFF 模式下电流特性 ^[1]	36
表 5-14	模块在典型应用场合下的电流特性 ^[2]	36
表 5-15	外部输入高速时钟特性参数 ^[1]	37
表 5-16	外部输入低速时钟特性参数 ^[1]	37
表 5-17	外部高速振荡时钟特性参数 ^{[1][2]}	38
表 5-18	外部低速振荡时钟特性 ^[1]	39
表 5-19	内部高速 RC 振荡器特性	40
表 5-20	内部低速 RC 振荡器特性	40
表 5-21	PLL 电气参数 ^[2]	41
表 5-22	存储器特性	41
表 5-23	EMS 参数	42
表 5-24	ESD 最大额定值	42
表 5-25	LU 最大额定值	42
表 5-26	I/O 端口电气特性 1	43
表 5-27	I/O 端口电气特性 2	52
表 5-28	MRST 电气特性	53
表 5-29	定时器特性参数	54
表 5-30	内部集成电路总线 (I2C) 特性参数	55
表 5-31	SPI 特性参数	57
表 5-32	低功耗模式唤醒特性	58
表 5-33	ADC 特性	59
表 5-34	ADC 精度特性 1	60
表 5-35	ADC 精度特性 2	60
表 5-36	DAC 特性	61
表 5-37	温度传感器特性	61

第1章 简介

该数据手册为 ES32F362x 系列 MCU 提供订单信息以及器件物理特性。阅读数据手册时请配合 ES32F362x 系列 MCU 参考手册一起使用。

关于 Cortex-M3 可参考《Cortex-M3 技术参考手册》，可从 ARM 官网（<http://infocenter.arm.com>）获得。

第2章 概述

ES32F362x 系列 MCU 最大支持 512KB Flash 和 48KB SRAM。支持多达 56 个 I/O，支持 1 路 12 位 ADC，1 路 12 位 DAC，支持 RTC 日历、闹钟等功能。带丰富的定时器资源，支持 1 路高级定时器（AD16C6T），2 路通用定时器（GP16C4T），2 路基本定时器（BS16T），2 路 32 位通用定时器（GP32C4T）和 1 路 16 位低功耗定时器（LP16T）。支持丰富的通信资源，包括 2 路 I2C，2 路 SPI/I2S，6 路 UART，1 路 LPUART 和 1 路 BxCAN 接口。

ES32F362x 系列 MCU 支持最高 72MHz 系统时钟频率。工作温度范围-40℃~105℃。

主要用于工业控制器等设备应用等。

2.1 器件资源

资源		ES32F3626LTE	ES32F3624LQE
FLASH		512 KB	256 KB
SRAM		48 KB	48 KB
GPIO		56	40
模拟	12 位 ADC/外部通道	1/16	1/10
	12 位 DAC	1	1
	内部温感	支持	支持
定时器	高级 16 位 AD16C4T	1	1
	通用 16 位 GP16C4T	2	2
	通用 32 位 GP32C4T	2	2
	基本 16 位 BS16T	2	2
	低功耗 16 位 LP16T	1	1
通信	I2C	2	2
	SPI/I2S	2	2
	UART	6	6
	BxCAN	1	1
	LPUART	1	1
内核运行频率		≤72MHz	≤72MHz
工作电压范围		2.2V~5.5V	2.2V~5.5V
工作温度范围		-40℃~105℃	-40℃~105℃
封装		LQFP64	LQFP48

表 2-1 器件资源列表

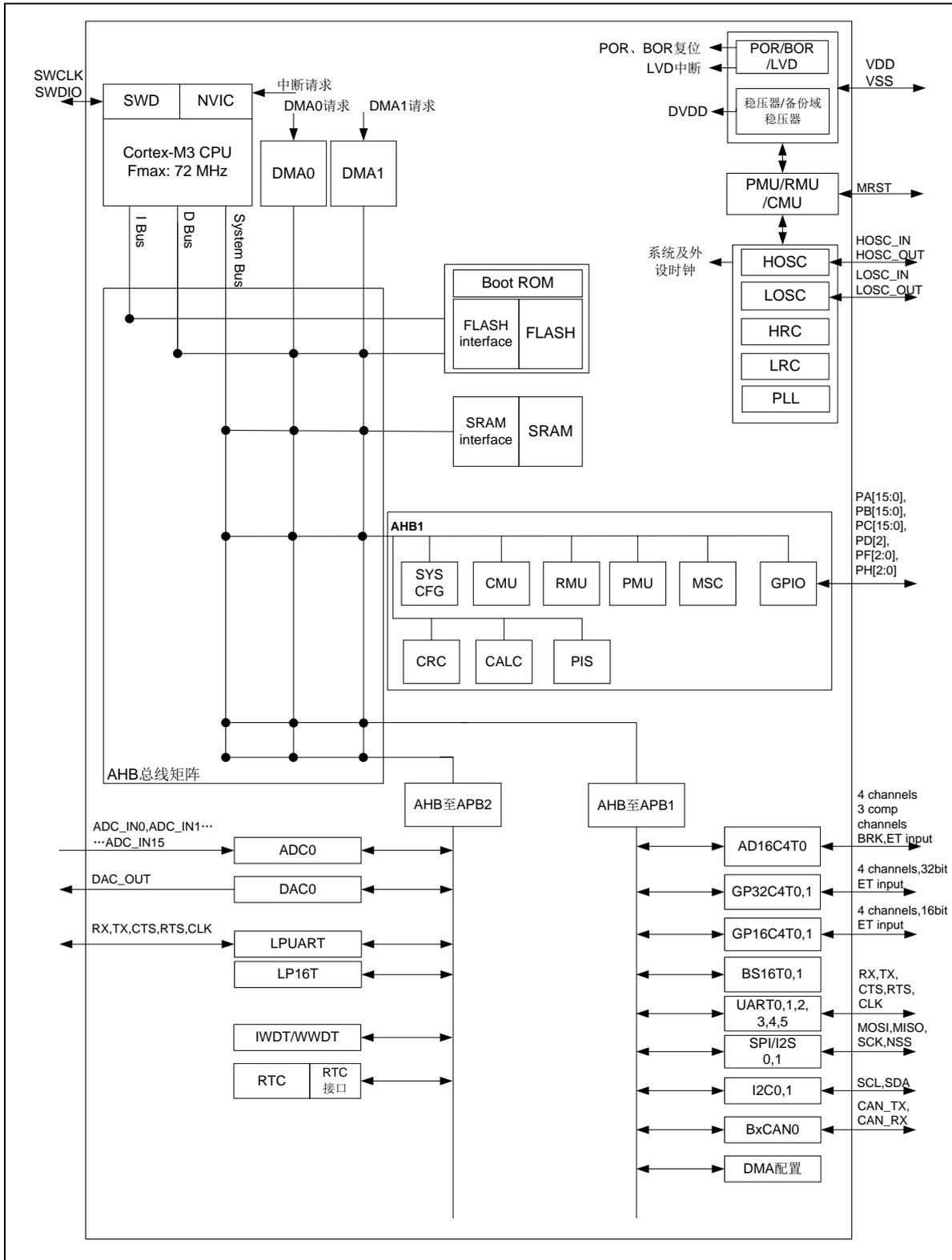


图 2-1 ES32F362x 系列系统框图

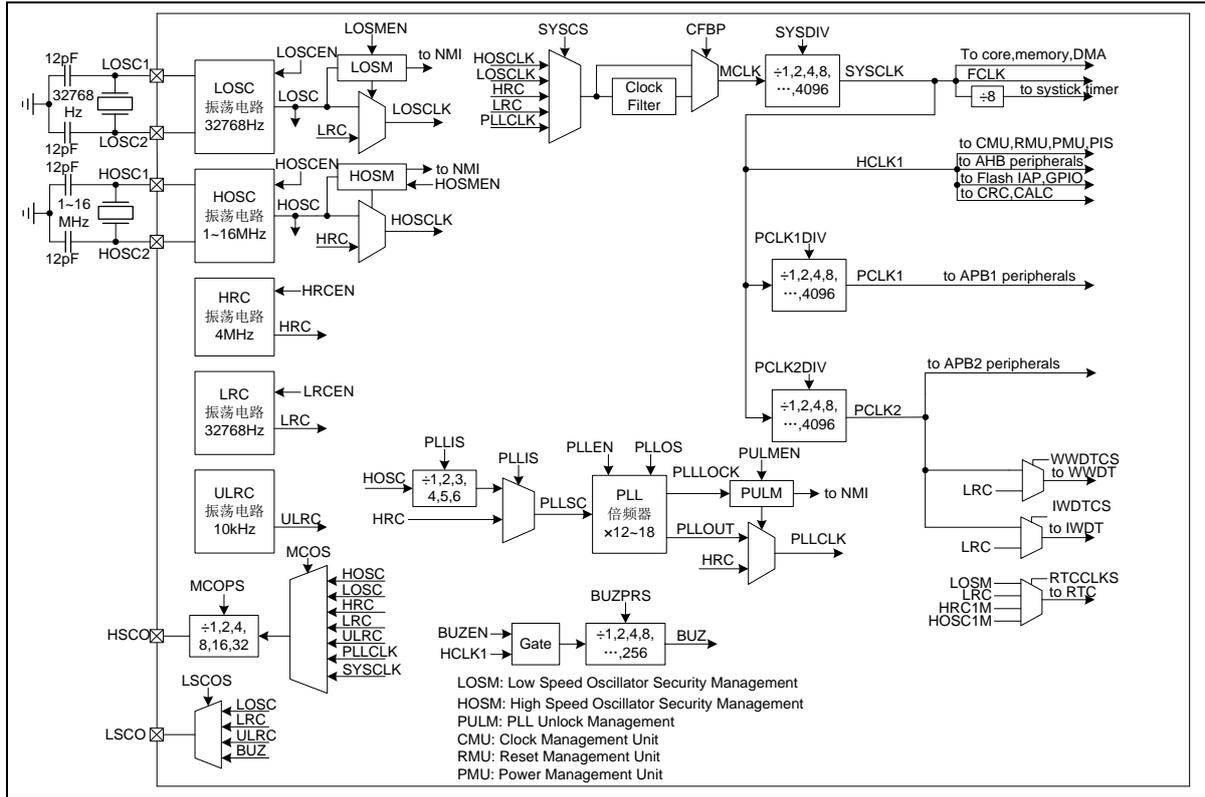


图 2-2 ES32F362x 系列时钟树框图

2.2 器件资源概述

2.2.1 ES32F362x 系列 MCU 内核

2.2.1.1 ARM Cortex-M3 内核

ARM Cortex-M3 提供了高性能，低功耗，低成本的平台来满足 MCU 的实现要求。具备出色的计算性能，并能够快速响应中断。

2.2.1.2 嵌套向量中断控制器（NVIC）

ES32F362x 系列 MCU 的嵌套向量中断控制器可支持 8 个优先级设定。并具备以下特性：

- ◇ NVIC 与内核紧密配合支持快速中断响应时间
- ◇ 中断向量表直接传递至内核
- ◇ 支持中断嵌套，咬尾和迟来

2.2.1.3 系统节拍定时器（SysTick）

SysTick 定时器被捆绑在 NVIC 中，用于产生 SysTick 中断（向量号：15）

2.2.1.4 串行线调试（SWD）

支持标准 SWD 协议的调试接口。系统时钟不低于 24MHz 时，支持调试的最大通信速率可达 5MHz。

调试通信口为 SWDIO 和 SWCLK。SWCLK 和 SWDIO 默认为上拉。

2.2.2 存储器

2.2.2.1 闪存（Flash）

最大 512KByte Flash 存储空间用于存放程序和数据。支持用户可通过配置读保护配置字选择相应的读保护或写保护模式，支持 ECC 读写校验。

4KB I-Cache，支持指令预取功能，提高 Flash 读取指令的效率。

2.2.2.2 静态随机存取存储器（SRAM）

最大 48 KByte SRAM，支持内核单周期访问，支持偶校验。

2.2.3 系统管理

2.2.3.1 电源

VDD: 2.2V~5.5V 电源, 通过管脚 VDD 为 I/O 及内部稳压器供电。

2.2.3.2 电源监视

- ◇ 上电复位 (POR): 当 VDD 低于 V_{POR} 时, 器件处于复位状态。
- ◇ 欠压复位 (BOR): 上电期间, 欠压复位 (BOR) 将使器件保持复位状态, 直到电源电压达到 1.8V 以上。芯片默认 BOR 为开启状态, 复位完成后, 可通过软件选择 BOR 复位电压阈值 V_{BOR} , 或可将 BOR 禁止。芯片支持 8 个 V_{BOR} 阈值选择。当电源电压 (VDD) 降至所选 V_{BOR} 阈值以下时, 将使器件复位。
- ◇ 低电压监测 (LVD): LVD 可用于监视 VDD 电源, 通过设置 LVDEN 使能 LVD, 将 VDD 电压和 LVDS 所选择的电压阈值 (V_{LVD}) 进行比较, 可产生 LVD 中断。

2.2.3.3 稳压器

稳压器包括主电源域稳压器和备份电源域稳压器。

在 SHUTOFF 模式下, 主电源域稳压器和备份电源域稳压器均关闭。

在 STANDBY 模式下, 主电源域稳压器关闭, 备份电源域稳压器工作。

在 STOP2 模式下, 如需追求更低的功耗, 可配置主电源域稳压器在进入 STOP2 模式后工作在低功耗模式。注意此时处于主电源域的 HRC、HOSC、PLL 时钟关闭, 备份域的 LOSC、LRC、RTC 可工作, 少数主电源域的外设 (LVD、IWDG 等) 可工作。

其余模式下, 主电源域稳压器和备份电源域稳压器均处于正常工作模式。

2.2.3.4 低功耗模式

ES32F362x 系列 MCU 支持以下低功耗模式来实现低功耗, 快速唤醒时间以及可支持唤醒源的组合选择。

◇ SLEEP 模式:

在 SLEEP 模式下, CPU 时钟被关闭。所有外设可以继续工作并通过中断或事件唤醒 CPU。Flash 可以配置成空闲模式或者待机模式。

◇ STOP1 模式:

在 STOP1 模式下, CPU 和大部分外设时钟被关闭, HOSC 和 HRC 时钟可通过软件配置为使能。DMA 可以继续动作, 配合一些低功耗外设, 在局部小系统内完成较简单的工作。

◇ STOP2 模式

在 STOP2 模式下, CPU 和大部分外设时钟被关闭, HOSC 和 HRC 可通过软件配置为使能。DMA 被关闭。只有一些低功耗外设还能继续工作, 并通过中断唤醒芯片。可根据需求, 来配置主电源域稳压器在进入 STOP2 模式后处于何种功耗模式。

◇ STANDBY 模式

STANDBY 模式下, 主电源域稳压器关闭, 内核大部分逻辑掉电, 备份电源域稳压器工作, 备份域中 LOSC, RTC 等可工作。备份 RAM 维持保存数据。

◇ SHUTOFF 模式

SHUTOFF 模式下，主电源域稳压器和备份电源域稳压器均关闭，内部电源域完全断电，为最低功耗模式，可通过外部复位或 I/O 唤醒。

2.2.3.5 时钟管理

时钟控制器可对内核和外设分配不同的时钟源，同时管理外设总时钟门控以及低功耗模式的时钟门控。

◇ 时钟分频

通过权衡系统的运行速度和功耗，可以调整内核和外设的时钟分频比，选择合适的时钟频率。

◇ 时钟安全控制

HOSM (HOSC Security Management) 可以实时监测 HOSC 时钟的工作情况，当发生时钟停止时，可自动为其切换为 HRC 时钟。PULM (PLL Unlock Management) 可以实时监测 PLL 时钟的工作情况，当发生时钟失锁时，可自动为其切换为 HRC 时钟。

◇ 时钟门控

内核、部分外设和存储器时钟都可被单独门控，可减少功耗消耗。

◇ 时钟源

- 1~16MHz 外部高速晶体振荡器 (HOSC)
- 4MHz 内部高速 RC 振荡器 (HRC)
- 32768Hz 外部低速晶体振荡器 (LOSC)
- 32768Hz 内部低速 RC 振荡器 (LRC)
- 最高 72MHz 内部锁相环倍频时钟 (PLL)

2.2.3.6 直接存储器访问 (DMA)

DMA (Direct Memory Access) 控制器能够独立于内核进行内存操作，以降低功耗和内核的工作负载。DMA 控制器包含 12 个 DMA 通道，每个 DMA 通道分别对应一个 DMA 多路复用器。多路复用器可选择片上所有的 DMA 请求源。DMA 控制器可支持存储到存储，存储到外设以及外设到存储之间的数据传输。

DMA 可以在 STOP1 模式下进行存储器到存储器的数据传输。

2.2.3.7 外设互联 (PIS)

PIS (Peripheral Interaction System) 在微控制器中作为外设互联的桥接口使用，利用 PIS 可实现外设之间的相互触发，控制及自动化工作，提高系统的实时性和快速响应能力，可避免占用过多的内核工作负载并简化软件工作，为各种应用扩展提供便捷。送出信号的外设模块被称为生产端，PIS 把这些信号传递到被称为消费端的外设进行使用。PIS 信号可以是电平或脉冲的形式，并支持异步触发信号。

2.2.3.8 看门狗定时器 (WDT)

◇ 独立看门狗定时器 (IWDT)

IWDT (Independent Watchdog)，当使用芯片配置字使能 IWDT 时，时钟强制为 LRC 时钟，可用于检测软件和硬件异常，如主时钟停振，程序跑飞等。

在调试模式下，定时器可被冻结。

◇ 窗口看门狗定时器 (WWDT)

WWDT (Window Watchdog)，可使用系统时钟 PCLK 作为计数时钟，对于过早或过晚喂狗都将产生 WWDT 复位，可用于检测软件没有喂狗或过早的喂狗行为，防止程序跑至不可控状态。

在调试模式下，定时器可被冻结。

2.2.4 外部接口

2.2.4.1 通用端口 (GPIO)

每组通用端口包含 16 个独立的引脚。这些引脚可单独配置为输入或输出。每个引脚有独立的开漏输出控制，驱动能力选择控制，上拉或下拉选择，CMOS/TTL 输入选择以及模拟滤波输入使能控制。大部分端口可以与模拟功能及其他数字外设功能复用。每个端口可分别支持中断，映射到 16 个中断向量中。另外每个端口还可支持触发 DMA 数据传输的功能。

2.2.5 安全管理及运算加速

2.2.5.1 循环冗余校验 (CRC)

CRC (Cyclic Redundancy Check) 发生器可以执行带可编程多项式设定的 CRC 计算。

支持四个常用的多项式：CRC-CCITT，CRC-8，CRC-16 和 CRC-32

◇ CRC-CCITT: $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$

◇ CRC-8: $X^8 + X^2 + X + 1$

◇ CRC-16: $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$

◇ CRC-32: $X^{32} + X^{26} + X^{23} + X^{22} + X^{16} + X^{12} + X^{11} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1$

2.2.5.2 运算加速器 (CALC)

运算加速器 (CALC) 可以执行平方根的运算加速。

2.2.6 定时器

ES32F362x 系列 MCU 包含了 1 个高级定时器，4 个通用定时器，2 个基本定时器和 1 个低功耗定时器。功能比较如下表所示：

	定时器计数位宽度	计数类型	预分频比	DMA 请求	输入捕捉/输出比较通道	互补输出
高级定时器 (AD16C4T)	16 位	向上 向下 上下	1~65536	支持	4	支持
通用定时器 (GP32C4T)	32 位	向上 向下 上下	1~65536	支持	4	不支持
通用定时器 (GP16C4T)	16 位	向上 向下 上下	1~65536	支持	4	不支持
基本定时器 (BS16T)	16 位	向上	1~65536	支持	0	不支持
低功耗定时器 (LP16T)	16 位	向上	1~128	不支持	1	不支持

表 2-2 定时器功能

2.2.6.1 高级定时器 (AD16C4T)

ES32F362x 系列 MCU 支持 1 路高级定时器 (AD16C4T0)。高级定时器可被视为复用在 6 个通道上的 3 相 PWM。PWM 互补输出的死区时间可配。另外高级定时器兼具通用定时器的所有功能。

在调试模式下，高级定时器可被冻结，并禁止 PWM 输出。

高级定时器可与其他定时器连接，一起配合使用，以达到同步或事件串联的目的。

2.2.6.2 通用 32 位定时器 (GP32C4T)

ES32F362x 系列 MCU 支持 2 路通用定时器(GP32C4T0, GP32C4T1)，该定时器包含 4 个独立通道，具备以下功能：

- ◇ 输入捕捉
- ◇ 输出比较
- ◇ PWM 生成（边缘或中间对齐模式）
- ◇ 单脉冲输出

通用定时器可与其他定时器连接，一起配合使用，以达到同步或事件串联的目的。

在调试模式下，定时器可被冻结。

2.2.6.3 通用 16 位定时器 (GP16C4T)

ES32F362x 系列 MCU 支持 2 个通用定时器(GP16C4T0, GP16C4T1)，该定时器包含

4 个独立通道，具备以下功能：

- ◇ 输入捕捉
- ◇ 输出比较
- ◇ PWM 生成（边缘或中间对齐模式）
- ◇ 单脉冲输出

通用定时器可与其他定时器连接，一起配合使用，以达到同步或事件串联的目的。

在调试模式下，定时器可被冻结。

2.2.6.4 基本定时器（BS16T）

ES32F362x 系列 MCU 支持 2 路基本定时器（BS16T0, BS16T1）。用于 16 位时基计数器或者产生事件触发其他外设工作。

在调试模式下，定时器可被冻结。

2.2.6.5 低功耗定时器（LP16T）

ES32F362x 系列 MCU 支持 1 路低功耗定时器（LP16T0）。LP16T 有多种时钟源选择，能够在多种低功耗模式下（SLEEP, STOP）运行。LP16T 支持外部时钟源，可以在内部时钟停止的情况下计数。LP16T 可以将系统从 SLEEP, STOP 模式唤醒。

2.2.6.6 实时时钟计数器（RTC）

ES32F362x 系列 MCU 支持 RTC（Real Time Clock）。在芯片 STANDBY 模式下 RTC 可以正常工作。

ES32F362x 系列 MCU 支持的备份 SRAM 容量为 128Byte，可在 STANDBY 模式下保存数据。

系统复位（除上电复位外）不会对 RTC 寄存器及备份 SRAM 中的内容产生影响。

RTC 一般选择外部 32.768KHz 晶体振荡器时钟源，支持日历功能，并支持产生定时中断，闹钟中断等。

2.2.7 通信

2.2.7.1 内部集成电路总线 (I2C)

ES32F362x 系列 MCU 支持 2 路 I2C (I2C0, I2C1)。I2C (内部集成电路) 总线接口用作微控制器和 I2C 串行总线之间的接口。它支持标准和快速模式。它还与 SMBus 2.0 兼容。它可以用于多种用途, 包括 CRC 生成和验证、SMBus (系统管理总线) 以及 PMBus (电源管理总线)。

I2C 支持 DMA 对所发送和接收数据进行传输。

2.2.7.2 串行外设接口 (SPI/I2S)

ES32F362x 系列 MCU 支持 2 路 SPI 接口 (SPI0, SPI1)。SPI (Serial Peripheral Interface) 可与外部器件进行半双工/全双工的同步串行通信。该接口可配置为主模式, 在这种情况下, 它可为外部从器件提供通信时钟 (SCK)。该接口还能够多主模式配置下工作。它可用于多种用途, 包括基于双线的单工同步传输, 其中一条可作为双向数据线, 或使用 CRC 校验实现可靠通信。

每路 SPI 同时支持 I2S 主机或从机模式通信功能, 可通过软件选择。

I2S 接口支持四种音频标准: I2S 飞利浦标准, MSB 对齐标准, LSB 对齐标准, PCM 标准。音频采样频率可以是 192kHz, 96kHz, 48kHz, 44.1kHz, 32kHz, 22.05kHz, 16kHz, 11.025kHz 或 8kHz (或该范围内的任何其他值)。有四个数据和通道帧可供使用。数据可以采用以下格式发送:

- ◇ 16 位数据帧装在一个 16 位通道帧
- ◇ 16 位数据帧装在一个 32 位通道帧
- ◇ 24 位数据帧装在一个 32 位通道帧
- ◇ 32 位数据帧装在一个 32 位通道帧

SPI/I2S 支持 DMA 对所发送和接收数据进行传输。

SPI0 同时支持 4 线主机通信模式。

2.2.7.3 通用异步收发器 (UART)

ES32F362x 系列 MCU 支持 6 路 UART 接口 (UART0, UART1, UART2, UART3, UART4, UART5)。UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) 支持与外部设备进行全双工数据通信和单线半双工通信。UART 支持波特率自动测量功能。并且提供了 4 级深度 FIFO 可提高发送或接收的效率, 减少打断 CPU 的次数。支持多点通信 (RS-485) 和自动硬件流控制 (CTS/RTS)。

UART 支持 DMA 对所发送和接收数据进行传输。

UART0、UART1 同时支持局域互连网络 (LIN)、红外通信协议 (IrDA SIR)、智能卡模式 (Smart Card)。

2.2.7.4 低功耗通用异步收发器 (LPUART)

ES32F362x 系列 MCU 支持 1 路 LPUART 接口 (LPUART0)。LPUART (Low Power Universal Asynchronous Receiver Transmitter) 为低功耗 UART, 可在低功耗要求非常

严格的场合使用。LPUART 通讯在使用 32.768kHz 时钟源条件下，波特率最高可达到 9600bps。在低功耗模式下，LPUART 只消耗极低的功耗等待接收数据，当一帧数据接收完成，LPUART 可快速唤醒 CPU。多帧数据的接收也可以通过 DMA 来搬运而无需唤醒 CPU。

类似的，数据也可以在低功耗模式下通过 CPU 一帧接一帧发送或者也可直接通过 DMA 发送。

2.2.7.5 基本扩展控制器局域网 (BxCAN)

ES32F362x 系列 MCU 支持 1 路 BxCAN 接口 (BxCAN0)。BxCAN (Basic Extended Controller Area Network) 可与 CAN 网络进行交互。该外设支持 2.0A 和 2.0B 版本的 CAN 协议，旨在以最少的 CPU 负载高效管理大量的传入消息，并可按需要的优先级实现消息发送。在攸关安全性的应用中，CAN 控制器提供所有必要的硬件功能来支持 CAN 时间触发通信方案。

2.2.8 模拟

2.2.8.1 模数转换 (ADC)

ES32F362x 系列 MCU 支持 1 路模数转换器(ADC0)。ADC(Analog to Digital Converter) 是 12 位分辨率的逐次逼近型模数转换器。它具有多达 19 个复用通道,可测量自管脚输入的 16 个外部信号、3 个内部信号。这些通道的 A/D 转换可在单次、连续、扫描或不连续采样模式下进行。ADC 的结果存储在一个左对齐或右对齐的 16 位数据寄存器中。

ADC 模块具有模拟看门狗特性,允许应用检测输入电压是否超过了用户自定义的阈值上限或下限。

ADC 支持 PIS 触发转换功能和通过 DMA 传输数字量。

2.2.8.2 数模转换 (DAC)

ES32F362x 系列 MCU 支持 1 路数模转换器(DAC0)。DAC(Digital to Analog Converter) 模块支持 12 位分辨率,最大采样率可支持 1Msps。支持一个 DAC 转换输出通道。支持噪声波和三角波产生模式。

DAC 支持 PIS 触发转换功能和通过 DMA 传输数字量。

第3章 管脚说明

3.1 管脚图

3.1.1 LQFP64

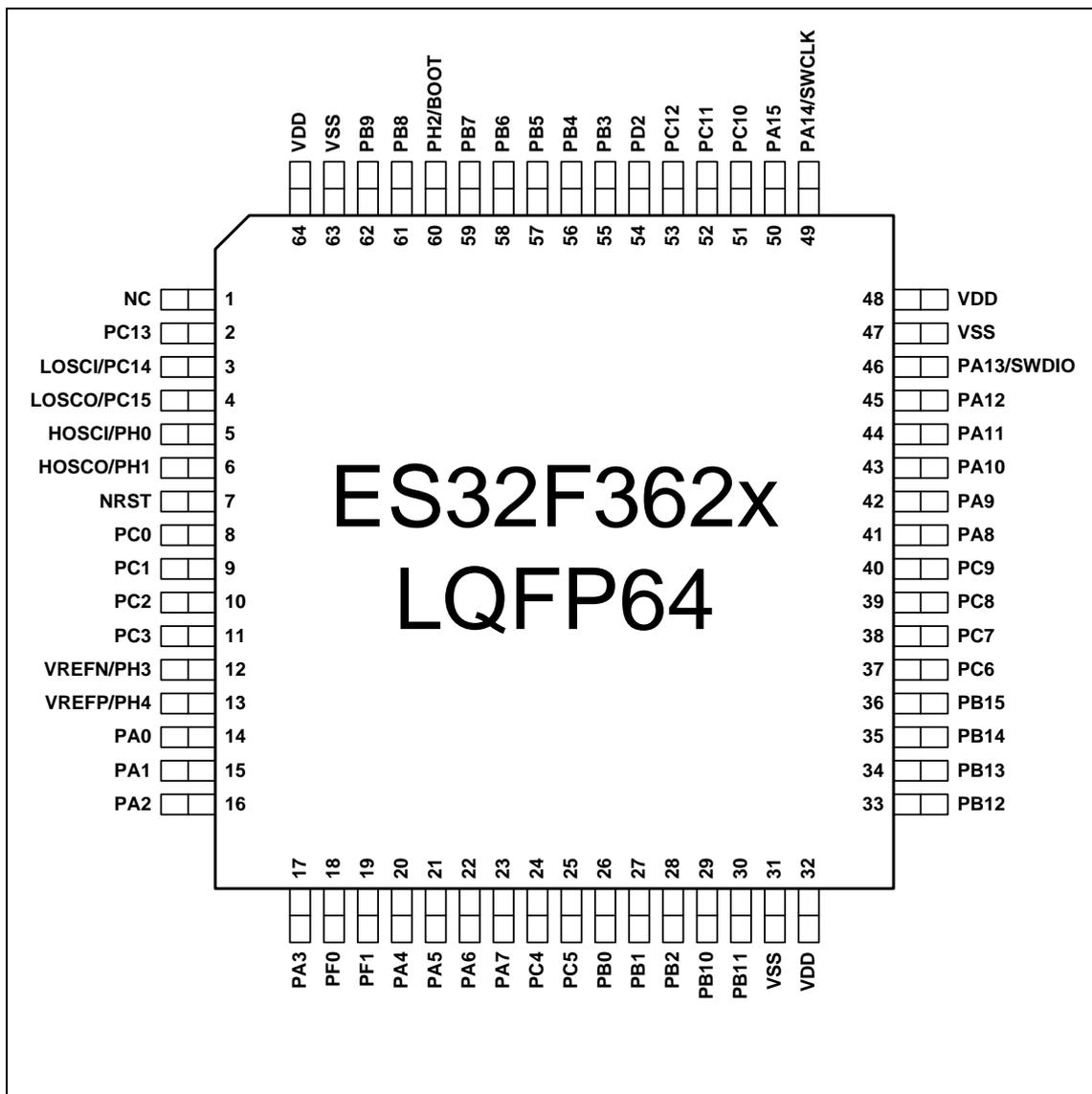


图 3-1 ES32F362x LQFP64 顶视图

3.1.2 LQFP48

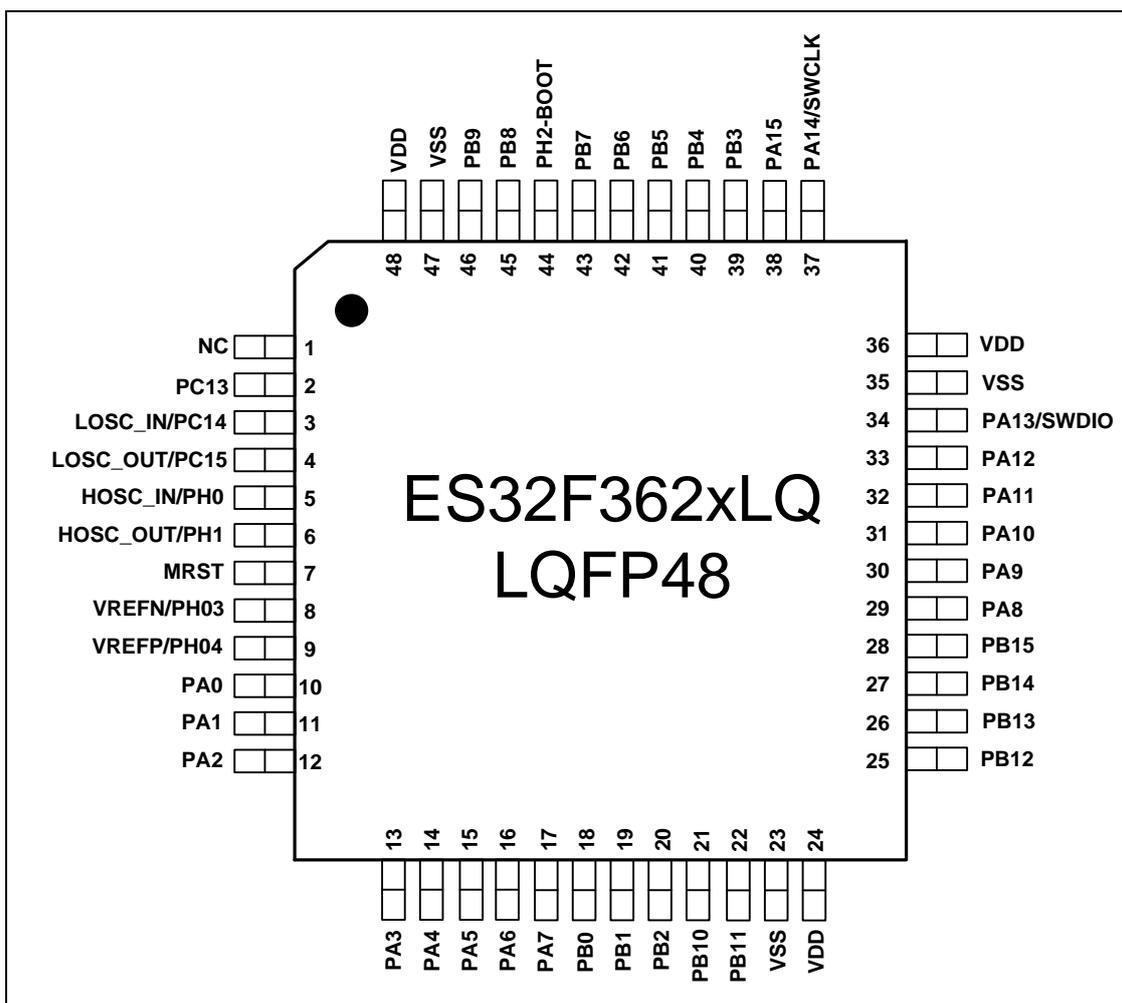


图 3-2 ES32F362x LQFP48 顶视图

3.2 管脚功能定义

Pin Number		Pin Name	ALT0 (复位后功能)	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5	ALT6	ALT7
LOFP64	LOFP48									
1	1	NC	—	—	—	—	—	—	—	—
2	2	PC13	—	PC13/RTC_TAMP0	—	—	—	—	—	—
3	3	PC14	LOSC_IN	PC14	—	—	—	—	—	—
4	4	PC15	LOSC_OUT	PC15	—	—	—	—	—	—
5	5	PH00	HOSC_IN	PH00	GP32C4T0_CH3	UART0_TX	—	I2C1_SCL	—	—
6	6	PH01	HOSC_OUT	PH01	GP32C4T0_CH4	UART0_RX	—	I2C1_SDA	—	—
7	7	NRST	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	PC00	ADC_IN0	PC00	AD16C4T0_CH1	UART1_TX	SPI1_NSS	—	—	—
9	—	PC01	ADC_IN1	PC01	AD16C4T0_CH2	UART1_RX	SPI1_SCK	—	RTCO	—
10	—	PC02	ADC_IN2	PC02	AD16C4T0_CH3	UART1_CTS	SPI1_MISO	GP16C4T1_ET	LSCO	—
11	—	PC03	ADC_IN3	PC03	AD16C4T0_CH4	UART1_RTS	SPI1_MOSI	—	HSCO	—
12	8	PH03	ADC_VREFN	PH03	—	—	—	—	—	—
13	9	PH04	ADC_VREFP	PH04	—	—	—	—	—	—
14	10	PA00	ADC_IN4	PA00/RTC_TAMP1	GP32C4T0_CH1	UART5_CTS	AD16C4T0_ET	GP16C4T1_CH1	GP32C4T0_ET	—
15	11	PA01	ADC_IN5	PA01	GP32C4T0_CH2	UART5_RTS	—	GP16C4T1_CH2	—	—
16	12	PA02	ADC_IN6	PA02	GP32C4T0_CH3	UART5_TX	—	GP16C4T1_CH3	SPI0_IO2	—
17	13	PA03	ADC_IN7	PA03	GP32C4T0_CH4	UART5_RX	—	GP16C4T1_CH4	SPI0_IO3	—
18	—	PF00	—	PF00	GP16C4T0_ET	—	—	GP16C4T1_ET	—	—
19	—	PF01	—	PF01	AD16C4T0_BRK	—	—	—	—	—
20	14	PA04	ADC_IN8/DAC_OUT	PA04	LPUART0_RX	—	—	—	SPI0_NSS	—
21	15	PA05	ADC_IN9	PA05	LPUART0_TX	—	—	I2C1_SCL	SPI0_SCK	—

Pin Number		Pin Name	ALT0 (复位后功能)	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5	ALT6	ALT7
LQFP64	LQFP48									
22	16	PA06	ADC_IN10	PA06	—	GP32C4T1_CH1	AD16C4T0_BRK	I2C1_SDA	SPIO_MISO	—
23	17	PA07	ADC_IN11	PA07	—	GP32C4T1_CH2	AD16C4T0_CH1N	I2C1_SMBA	SPIO_MOSI	—
24	—	PC04	ADC_IN12	PC04	LP16T0_EXTCK	AD16C4T0_ET	UART3_TX	SPI1_NSS	—	—
25	—	PC05	ADC_IN13	PC05	LP16T0_OUT	—	UART3_RX	SPI1_SCK	—	—
26	18	PB00	ADC_IN14	PB00	GP32C4T1_CH3	—	UART3_CTS	SPI1_MISO	AD16C4T0_CH2N	—
27	19	PB01	ADC_IN15	PB01	GP32C4T1_CH4	—	UART3_RTS	SPI1_MOSI	AD16C4T0_CH3N	—
28	20	PB02	—	PB02	—	—	—	—	—	—
29	21	PB10	—	PB10	GP32C4T0_CH3	UART0_TX	—	I2C1_SCL	TRACECK	—
30	22	PB11	—	PB11	GP32C4T0_CH4	UART0_RX	—	I2C1_SDA	TRACED0	—
31	23	VSS	—	—	—	—	—	—	—	—
32	24	VDD	—	—	—	—	—	—	—	—
33	25	PB12	—	PB12	AD16C4T0_BRK	UART0_CK	SPI1_NSS	I2C1_SMBA	TRACED1	—
34	26	PB13	—	PB13	AD16C4T0_CH1N	UART0_CTS	SPI1_SCK	—	TRACED2	—
35	27	PB14	—	PB14	AD16C4T0_CH2N	UART0_RTS	SPI1_MISO	—	TRACED3	—
36	28	PB15	—	PB15	AD16C4T0_CH3N	—	SPI1_MOSI	—	—	—
37	—	PC06	—	PC06	AD16C4T0_CH1	GP32C4T1_CH1	I2S1_MCK	LPUART0_CTS	PIS_CH0P	—
38	—	PC07	—	PC07	AD16C4T0_CH2	GP32C4T1_CH2	I2S0_MCK	LPUART0_RTS	PIS_CH1P	—
39	—	PC08	—	PC08	AD16C4T0_CH3	GP32C4T1_CH3	—	LPUART0_RX	PIS_CH2P	—
40	—	PC09	—	PC09	AD16C4T0_CH4	GP32C4T1_CH4	I2S_EXCLK	LPUART0_TX	PIS_CH3P	—
41	29	PA08	—	PA08	AD16C4T0_CH1	—	—	UART4_CK	RTCO	—
42	30	PA09	—	PA09	AD16C4T0_CH2	—	—	UART0_TX	LSCO	—
43	31	PA10	—	PA10	AD16C4T0_CH3	—	—	UART0_RX	HSCO	—
44	32	PA11	—	PA11	AD16C4T0_CH4	—	CAN0_RX	UART0_CTS	—	—

Pin Number		Pin Name	ALT0 (复位后功能)	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5	ALT6	ALT7
LQFP64	LQFP48									
45	33	PA12	—	PA12	AD16C4T0_ET	—	CAN0_TX	UART0_RTS	—	—
46	34	PA13	ISDA0/SWDIO	PA13	UART1_TX	—	—	I2C0_SDA	—	—
47	35	VSS	—	—	—	—	—	—	—	—
48	36	VDD	—	—	—	—	—	—	—	—
49	37	PA14	ISCK0/SWCLK	PA14	UART1_RX	—	—	I2C0_SCL	—	—
50	38	PA15	—	PA15	GP32C4T0_CH1	SPI1_NSS	SPI0_NSS	GP32C4T0_ET	HSCO	—
51	—	PC10	—	PC10	LP16T0_EXTCK	UART1_TX	SPI0_SCK	UART2_RTS	LSCO	—
52	—	PC11	—	PC11	LP16T0_OUT	UART1_RX	SPI0_MISO	UART2_CTS	—	—
53	—	PC12	—	PC12	UART1_CK	UART1_RTS	SPI0_MOSI	UART2_TX	—	—
54	—	PD02	—	PD02	GP32C4T1_ET	UART1_CTS	—	UART2_RX	—	—
55	39	PB03	—	PB03	GP32C4T0_CH2	SPI1_SCK	SPI0_SCK	UART2_TX	TRACESWO	—
56	40	PB04	—	PB04	GP32C4T1_CH1	SPI1_MISO	SPI0_MISO	UART2_RX	PIS_CH0P	—
57	41	PB05	—	PB05	GP32C4T1_CH2	SPI1_MOSI	SPI0_MOSI	I2C0_SMBA	PIS_CH1P	—
58	42	PB06	—	PB06	GP16C4T0_CH1	UART4_TX	SPI0_IO2	I2C0_SCL	PIS_CH2P	—
59	43	PB07	—	PB07	GP16C4T0_CH2	UART4_RX	SPI0_IO3	I2C0_SDA	PIS_CH3P	—
60	44	PH02	—	PH02/BOOT	—	—	—	—	—	—
61	45	PB08	—	PB08	GP16C4T0_CH3	CAN0_RX	UART5_RX	I2C0_SCL	MSWD_IO	—
62	46	PB09	—	PB09	GP16C4T0_CH4	CAN0_TX	UART5_TX	I2C0_SDA	MSWD_CLK	—
63	47	VSS	—	—	—	—	—	—	—	—
64	48	VDD	—	—	—	—	—	—	—	—

表 3-1 ES32F362x 的管脚功能定义

第4章 存储器映射图

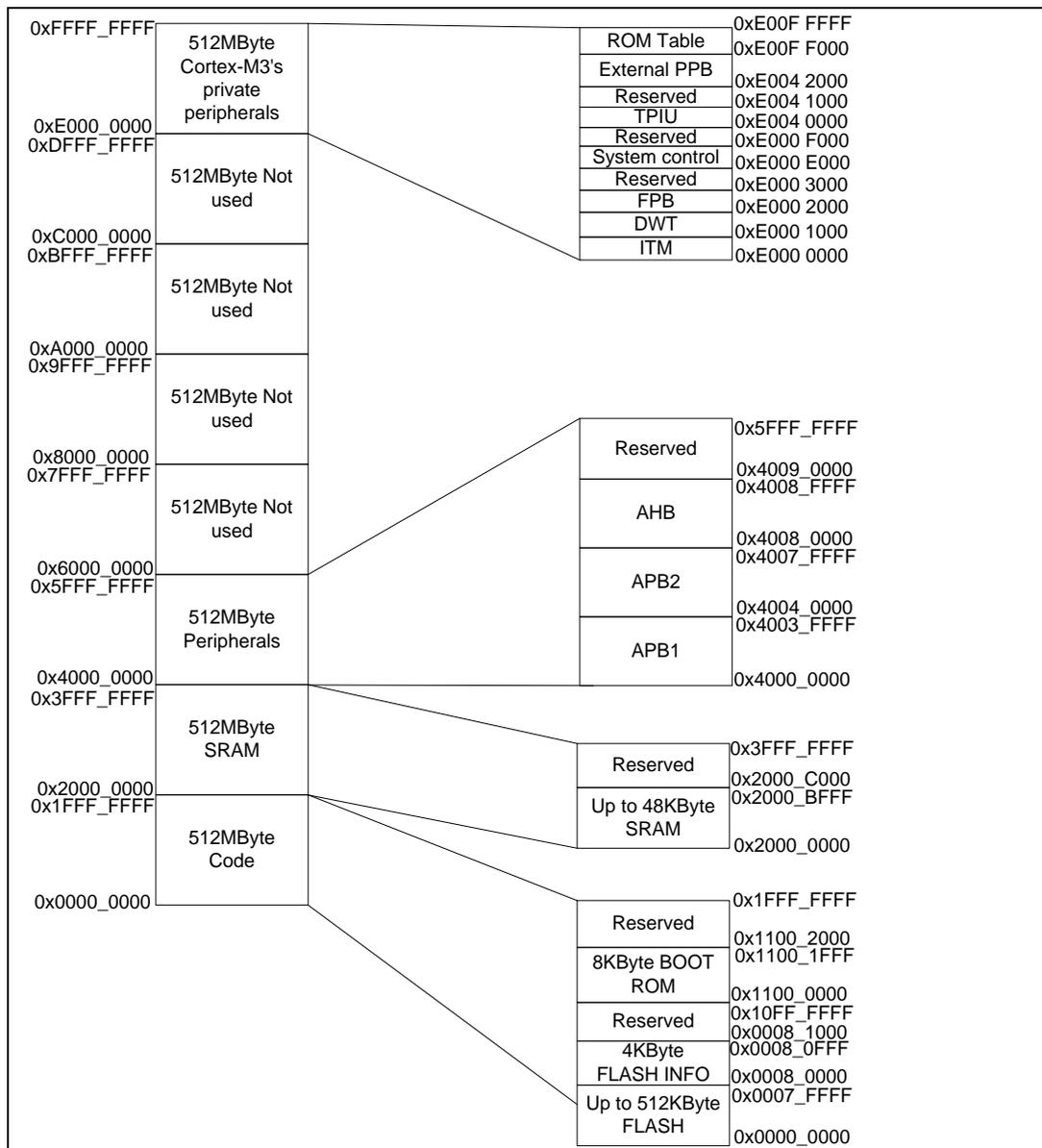


图 4-1 存储器映射

第5章 电气特性

5.1 最小值和最大值、典型值

最大值和最小值是在指定温度范围内测试所有元器件后，在最差条件下（包括环境温度，电源电压以及测试频率等）应能够保证的数据。

典型值为温度 25℃，电源电压 VDD=5.0V（电压范围 $2.2V \leq VDD \leq 5.5V$ ）条件下的电气值。

5.2 芯片电源

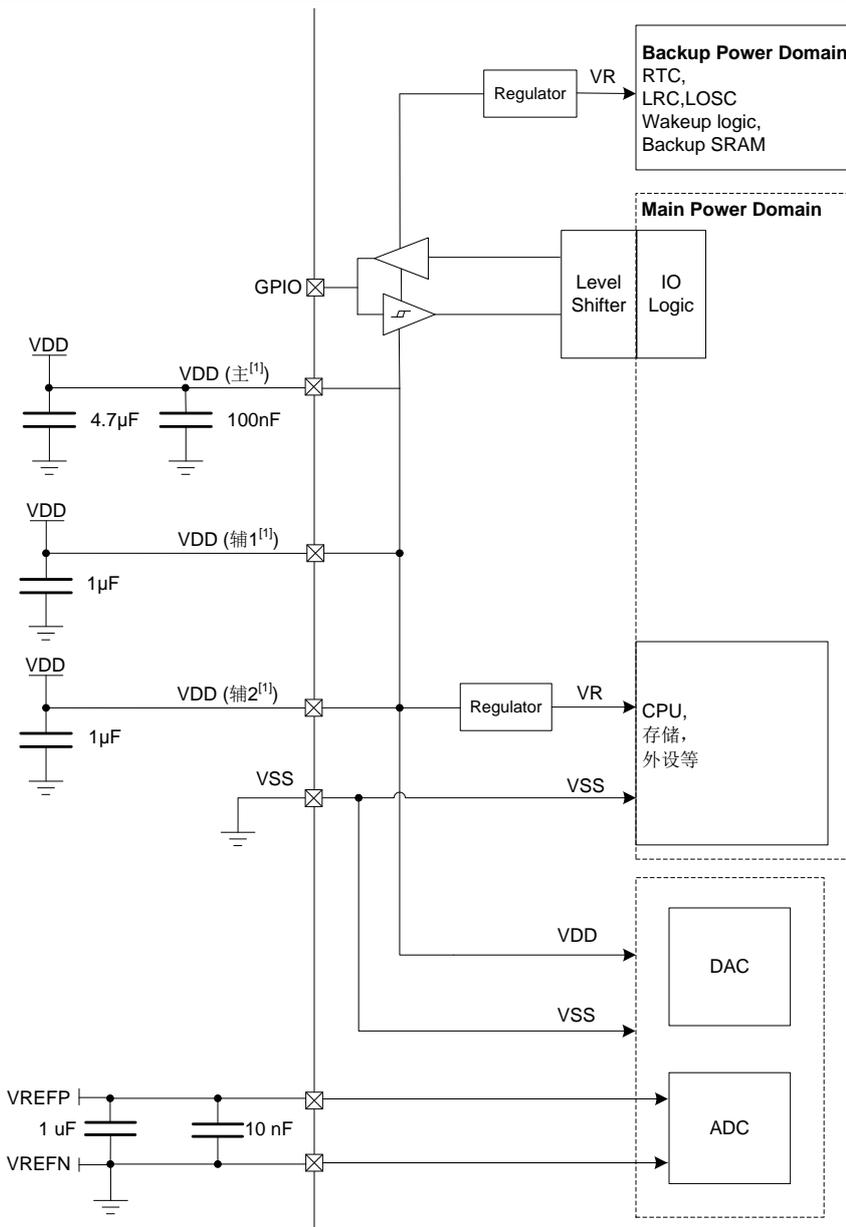


图 5-1 芯片电源

注 1：产品有多个 VDD 管脚，分为 VDD（主）、VDD（辅 1）和 VDD（辅 2）对应的具体电源管脚请参见相关产品的应用笔记说明。

5.3 电流测量

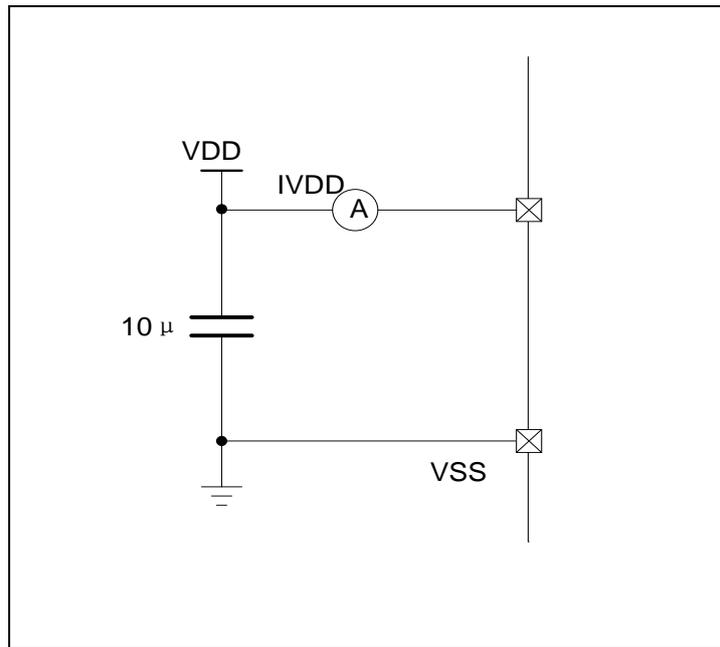


图 5-2 电流测量

5.4 芯片极限参数

表格 5-1, 表 5-2 和表 5-3 为芯片耐受的极限电气参数值, 超过此极限范围可能导致芯片永久性破坏。本章节只是给出该产品能承受的最大负荷, 并不意味在此条件下的功能运行无误。如果长期工作在极限条件下, 会影响产品的可靠性。

5.4.1 极限电压参数

标号	参数	条件	最小值	最大值	单位
V_{DD}	芯片主电源	—	-0.3	7.5	V
V_{IN}	端口输入电压	—	-0.3	$V_{DD}+0.3$	V
$ \Delta V_{DDx} $	各 VDD 电源端口的差值	—	—	50	mV
$ V_{SSx} - V_{SS} $	各 VSS 端口之间的差值	—	—	50	mV

表 5-1 极限电压参数^[1]

注 1: 基于芯片设计得到的电气参数。

5.4.2 极限电流参数

标号	参数	条件	最小值	最大值	单位
I_{VDD}	流经 VDD 的总电流	—	—	160	mA
I_{VSS}	流经 VSS 的总电流	—	—	160	mA
I_{IO}	拉电流 (输出高)	—	—	20	mA
	灌电流 (输出低)	—	—	20	mA

表 5-2 极限电流参数^[1]

注 1: 基于芯片设计得到的电气参数。

5.4.3 极限热参数

标号	参数	条件	最小值	最大值	单位
T_{STG}	储存温度	—	-65	150	°C
T_J	结温	—	-40	125	°C

表 5-3 极限热参数^[1]

注 1: 基于芯片设计得到的电气参数。

5.5 运行条件

5.5.1 运行条件

除非特别说明，下表中的参数在 $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内测得。

标号	参数	条件	最小值	最大值	单位
$f_{\text{HCLK1}}^{[1]}$	内部 AHB1 总线时钟频率	—	—	72	MHz
$f_{\text{HCLK2}}^{[1]}$	内部 AHB2 总线时钟频率	—	—	72	MHz
f_{PCLK1}	内部 APB1 总线时钟频率	—	—	72	MHz
f_{PCLK2}	内部 APB2 总线时钟频率	—	—	36	MHz
VDD ^[2]	电源电压	—	2.2	5.5	V
T_A	工作温度	—	-40	105	$^{\circ}\text{C}$

表 5-4 芯片通常运行条件^[3]

注 1: 系统内核以 48~72MHz 运行时，要求 FLASH 访问等待时间至少为 2 个系统时钟周期 (FLASH_W>=2)；
系统内核以 24~48MHz 运行时，要求 FLASH 访问等待时间至少为 1 个系统时钟周期 (FLASH_W>=1)。

注 2: ADC、DAC 推荐工作电压范围：2.5V~5.5V。

注 3: 基于芯片设计得到的电气参数。

5.5.2 上电和掉电参数条件

除非特别说明，下表中的参数在 $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内测得。

标号	参数	条件	最小值	最大值	单位
Vstart	VDD 上电初始电压	—	0	200	mV
t_{VDD}	VDD 上升速率	参考 5.2 和 5.5.12 章节	200	∞	us/V
	VDD 下降速率	参考 5.2 和 5.5.12 章节	100	∞	us/V

表 5-5 芯片在上电和掉电时的参数条件

5.5.3 复位和电源管理模块电气参数

除非特别说明，下表中的参数在 $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内测得。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{\text{POR}}^{[1]}$	上电复位和掉电复位的阈值	上电, $T_A=25^{\circ}\text{C}$	—	1.90	—	V
		掉电, $T_A=25^{\circ}\text{C}$	—	1.80	—	
$V_{\text{PORHYST}}^{[1]}$	V_{POR} 电压迟滞	—	—	100	—	mV
$V_{\text{BOR}}^{[2]}$	V_{BOR} 电压档位选择	BORVS=000 (上升沿)	1.65	1.90	2.15	V
		BORVS=000 (下降沿)	1.55	1.80	2.05	
		BORVS=001 (上升沿)	1.95	2.20	2.45	
		BORVS=001 (下降沿)	1.85	2.10	2.35	
		BORVS=010	2.25	2.50	2.75	

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		(上升沿)				
		BORVS=010 (下降沿)	2.15	2.40	2.65	
		BORVS=011 (上升沿)	2.65	2.90	3.15	
		BORVS=011 (下降沿)	2.55	2.80	3.05	
		BORVS=100 (上升沿)	2.95	3.20	3.45	
		BORVS=100 (下降沿)	2.85	3.10	3.35	
		BORVS=101 (上升沿)	3.35	3.60	3.85	
		BORVS=101 (下降沿)	3.25	3.50	3.75	
		BORVS=110 (上升沿)	3.85	4.10	4.35	
		BORVS=110 (下降沿)	3.75	4.00	4.25	
		BORVS=111 (上升沿)	4.45	4.70	4.95	
		BORVS=111 (下降沿)	4.35	4.60	4.85	
$V_{BORHYST}^{[1]}$	V_{BOR} 电压迟滞	—	—	100	—	mV
$V_{LVD}^{[2]}$	LVD 电压阈值选择	LVDS=000 (上升沿)	2.15	2.40	2.65	V
		LVDS=000 (下降沿)	2.05	2.30	2.55	
		LVDS=001 (上升沿)	2.25	2.50	2.75	
		LVDS=001 (下降沿)	2.15	2.40	2.65	
		LVDS=010 (上升沿)	2.35	2.60	2.85	
		LVDS=010 (下降沿)	2.25	2.50	2.75	
		LVDS=011 (上升沿)	2.65	2.90	3.15	
		LVDS=011 (下降沿)	2.55	2.80	3.05	
		LVDS=100 (上升沿)	2.85	3.10	3.35	

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
		LVDS=100 (下降沿)	2.75	3.00	3.25	
		LVDS=101 (上升沿)	3.45	3.70	3.95	
		LVDS=101 (下降沿)	3.35	3.60	3.85	
		LVDS=110 (上升沿)	3.95	4.20	4.45	
		LVDS=110 (下降沿)	3.85	4.10	4.35	
		LVDS=111 (上升沿)	4.45	4.70	4.95	
		LVDS=111 (下降沿)	4.35	4.60	4.85	
$V_{LVDHYST}^{[1]}$	V_{LVD} 电压迟滞	—	—	100	—	mV
$V_{RSTTEMPO}^{[1]}$	POR 复位输出 出延迟	—	—	200	—	us

表 5-6 复位和电源管理模块电气参数

注 1: 基于芯片设计得到的电气参数。

注 2: 基于特性化测试得到的电气参数。

5.5.4 电流特性

芯片消耗的电流涉及到电源电压，环境温度，端口负载，器件软件配置，运行频率和模式等。

最大电流值在以下条件下测得：

- ◇ 所有 I/O 处于关闭状态或者输入状态（固定电平输入），无负载
- ◇ 无特别说明情况下所有外设关闭
- ◇ FLASH 的访问等待时间为 2 个时钟周期
- ◇ FLASH 预取指开启
- ◇ 当外设使能时， $f_{PCLK1}=f_{HCLK}/2$ ， $f_{PCLK2}=f_{HCLK}/4$

除非特别说明，表 5-7 ~ 表 5-13 中的典型值在 $T_A=25^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{DD}=5\text{V}$ 供电电压下测得。

标号	参数	条件	f_{HCLK}	最小值	典型值	最大值	单位
I_{VDD}	RUN 模式电 流	HRC 时钟源 所有外设使能	72MHz	—	28.3	—	mA
			48MHz	—	20.3	—	
			36MHz	—	16.6	—	
			24MHz	—	12.2	—	
			4MHz	—	4.8	—	
		HRC 时钟源 所有外设禁止	72MHz	—	14.5	—	
			48MHz	—	10.0	—	
			36MHz	—	8.0	—	
			24MHz	—	5.4	—	
			4MHz	—	1.0	—	

表 5-7 程序在 FLASH 上运行时的电流特性^{[1][2]}

注 1：以上测试值基于 FLASH 访问的等待时间为 2 个时钟周期（FLASH_W=2）。

注 2：基于特性化测试得到的电气参数。

标号	参数	条件	f_{HCLK}	最小值	典型值	最大值	单位
I_{VDD}	RUN 模式电 流	HRC 时钟源 所有外设使能	72MHz	—	27.1	—	mA
			48MHz	—	19.3	—	
			36MHz	—	15.6	—	
			24MHz	—	11.6	—	
			4MHz	—	4.7	—	
		HRC 时钟源 所有外设禁止	72MHz	—	13.4	—	
			48MHz	—	9.0	—	
			36MHz	—	7.1	—	
			24MHz	—	4.8	—	
			4MHz	—	0.9	—	

表 5-8 程序在 SRAM 上运行时的电流特性^{[1][2]}

注 1：以上测试值基于 SRAM 访问的等待时间为 0 个时钟周期（SRAM_W=0）。

注 2: 基于特性化测试得到的电气参数。

标号	参数	条件	f _{HCLK}	最小值	典型值	最大值	单位
I _{VDD}	SLEEP 模式电流	HRC 时钟源 所有外设使能 FLASH 为待机 模式	72MHz	—	16.7	—	mA
			48MHz	—	11.3	—	
			36MHz	—	8.8	—	
			24MHz	—	6.0	—	
			4MHz	—	1.0	—	
		HRC 时钟源 所有外设禁止 FLASH 为待机 模式	72MHz	—	6.5	—	
			48MHz	—	4.4	—	
			36MHz	—	3.6	—	
			24MHz	—	2.5	—	
			4MHz	—	0.5	—	

表 5-9 SLEEP 模式电流特性^{[1][2]}

注 1: 以上测试值基于 FLASH 访问的等待时间为 2 个时钟周期 (FLASH_W=2),
或基于 SRAM 访问的等待时间为 0 个时钟周期 (SRAM_W=0)。

注 2: 基于特性化测试得到的电气参数。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{VDD}	STOP1 模式电流	主域 1.5V LDO LP 模式 (LPUART、DMA、 LPTIM 和 RTC 开启)	—	7.6	—	uA
		主域 1.5V LDO LP 模式 (所有外设关闭)	—	5.7	—	uA

表 5-10 STOP1 模式下电流特性^[1]

注 1: 基于特性化测试得到的电气参数。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{VDD}	STOP2 模式电流	主域 1.5V LDO LP 模式 LPTIM 和 RTC 开启	—	5.7	—	uA
		主域 1.5V LDO LP 模式 所有外设关闭	—	4.6	—	uA

表 5-11 STOP2 模式下电流特性^[1]

注 1: 基于特性化测试得到的电气参数。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{VDD}	STANDBY 模式电流	RTC, LOSC 工作	—	4.8	—	uA
		RTC, LOSC 不工作	—	3.7	—	uA

表 5-12 STANDBY 模式下电流特性^[1]

注 1: 基于特性化测试得到的电气参数。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{VDD}	SHUTOFF 模式电流	—	—	1.6	—	uA

表 5-13 SHUTOFF 模式下电流特性^[1]

注 1: 基于特性化测试得到的电气参数。

标号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
I _{HOSC}	HOSC 电流 4MHz	—	606	—	uA
I _{HRC}	HRC 电流 4MHz	—	62	—	
I _{LOSC}	LOSC 电流	—	1.1	—	
I _{LRC}	LRC 电流	—	0.6	—	
I _{PLL}	PLL (72MHz) 电流	—	366	—	
I _{ADC} ^[1]	ADC 电流	—	3200	—	
I _{DAC}	DAC 电流	—	194	—	
I _{BOR}	BOR 电流	—	0.2	—	
I _{LVD}	LVD 电流	—	0.2	—	
I _{AD16C4T}	AD16C4T 电流	—	11.0	—	
I _{GP16C4T}	GP16C4T 电流	—	6.3	—	
I _{GP32C4T}	GP32C4T 电流	—	9.8	—	
I _{BS16T}	BS16T 电流	—	2.0	—	
I _{LP16T}	LP16T 电流	—	5.9	—	
I _{CRC}	CRC 电流	—	0.5	—	
I _{I2C}	I2C 电流	—	5.4	—	
I _{SPI}	SPI 电流	—	3.9	—	
I _{UART}	UART 电流	—	6.4	—	
I _{LPUART}	LPUART 电流	—	10.4	—	
I _{CAN}	BxCAN 电流	—	7.5	—	

表 5-14 模块在典型应用场合下的电流特性^[2]

注 1: ADC 功耗测试条件为: VDD=5V, F_{ADCCLK}=18MHz, 使用 VDD 作为参考。

注 2: 基于特性化测试得到的电气参数。

5.5.5 外部时钟源电气参数

◆ 外部输入高速时钟特性如下表所示：

除非特别说明，下表中的参数特性在 $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{DD}=5\text{V}$ 供电电压下测得。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{\text{HOSC_EXT}}$	外部输入高速时钟频率	—	1	8	16	MHz
$V_{\text{HOSC_HIGH}}$	HOSC_IN 输入时钟的高电平电压	—	$0.7*V_{DD}$	—	VDD	V
$V_{\text{HOSC_LOW}}$	HOSC_IN 输入时钟的低电平电压	—	VSS	—	$0.3*V_{DD}$	V
$t_{\text{WIDTH_HOSC}}$	HOSC_IN 的输入时钟高电平或低电平时间	—	18	—	—	ns
$I_{\text{LEAKAGE_HOSC}}$	HOSC_IN 输入漏电	$V_{SS} \leq$ HOSC_IN $\leq V_{DD}$	—	—	1	μA

表 5-15 外部输入高速时钟特性参数^[1]

注 1：基于芯片设计得到的电气参数。

◆ 外部输入低速时钟特性如下表所示：

除非特别说明，下表中的参数特性在 $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{DD}=5\text{V}$ 供电电压下测得。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{\text{LOSC_EXT}}$	外部输入低速时钟频率	—	—	32.768	—	KHz
$V_{\text{LOSC_HIGH}}$	LOSC_IN 输入的高电平电压	—	$0.7*V_{DD}$	—	VDD	V
$V_{\text{LOSC_LOW}}$	LOSC_IN 输入的低电平电压	—	VSS	—	$0.3*V_{DD}$	V
$t_{\text{WIDTH_HOSC}}$	LOSC_IN 的高电平或低电平时间	—	10	—	—	μs
$I_{\text{LEAKAGE_LOSC}}$	LOSC_IN 输入漏电	$V_{SS} \leq$ LOSC_IN $\leq V_{DD}$	—	—	1	μA

表 5-16 外部输入低速时钟特性参数^[1]

注 1：基于芯片设计得到的电气参数。

◆ 外部高速振荡时钟（晶体或陶瓷振荡）

外部高速振荡时钟可由 1MHz 到 24MHz 范围的晶体或陶瓷振荡器提供。在应用中，振荡器与负载电容的距离必须放置得尽可能近，以使输出信号失真和发振稳定时间最小。

除非特别说明，下表中的参数特性在 $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{DD}=5\text{V}$ 供电电压下测得。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{\text{HOSC_IN}}^{[3]}$	外部高速振荡时钟频率	—	1	8	16	MHz
$R_F^{[3]}$	反馈电阻	—	—	6	—	MΩ
C_{L1}, C_{L2}	建议根据晶体规格的电阻值，采用相应的电容负载	$R_S=25\Omega$	—	12	—	pF
$I^{[3]}$	外部高速振荡器的驱动电流	$V_{DD}=3.3\text{V}$, $\text{HOSC_IN}=\text{VSS}$ 30pF 负载	—	—	500	uA
$g_m^{[3]}$	振荡器跨导	启动	—	4.5	—	mA/V
$t_{\text{START_HOSC}}^{[4]}$	振荡器启动时间	VDD 稳定 4MHz 晶振 $T_A=25^{\circ}\text{C}$	—	4	8	ms

表 5-17 外部高速振荡时钟特性参数^{[1][2]}

- 注 1：在潮湿环境下使用晶体或陶瓷振荡器的注意要点，比如建议如何配置电阻等参数。
 注 2：外接振荡器参数请参考晶体或陶瓷振荡器制造商。
 注 3：基于芯片设计得到的电气参数，不在生产中测试。
 注 4： $t_{\text{START_HOSC}}$ 是振荡器的发振稳定时间，指的是从软件使能振荡器到稳定输出某一频率时钟这段期间。该值会因晶体或陶瓷的制造商不同而显著改变。

下图为外部高速振荡器的典型应用连接：

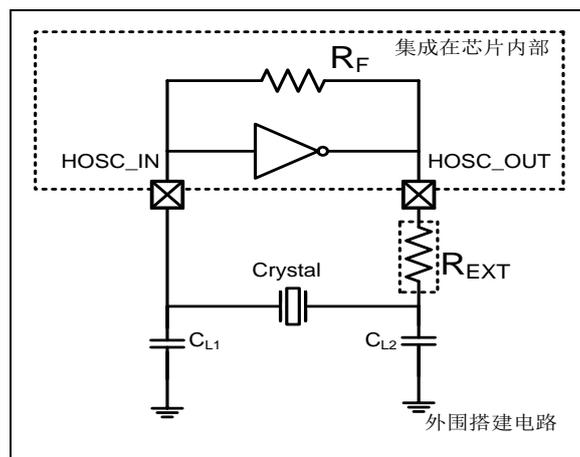


图 5-3 外部高速振荡器连接图

注： R_{EXT} 阻值取决于晶振规格特性。

◆ 外部低速振荡时钟（晶体或陶瓷振荡）

外部低速振荡时钟由 32.768KHz 的晶体或陶瓷振荡器提供。在应用中，振荡器与负载电容的距离必须放置得尽可能近，以使输出信号失真和发振稳定时间最小。

除非特别说明，下表中的参数特性在 $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim 105^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{DD} = 5\text{V}$ 供电电压下测得。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{\text{LOSC_IN}}^{[2]}$	外部低速振荡时钟频率	—	—	32.768	—	KHz
$R_F^{[2]}$	反馈电阻	—	—	10	—	$\text{M}\Omega$
C_{L1}, C_{L2}	电容负载	—	—	12	—	pF
$I^{[2]}$	外部低速振荡器的驱动电流	$V_{DD} = 3.3\text{V},$ $\text{LOSC_IN} = \text{VSS}$	—	—	200	μA
$g_m^{[2]}$	振荡器跨导	—	—	23	—	$\mu\text{A/V}$
$t_{\text{START_LOSC}}^{[3]}$	振荡器启动时间	VDD 稳定	—	0.5	1	s

表 5-18 外部低速振荡时钟特性^[1]

注 1：外接振荡器参数请参考晶体或陶瓷振荡器制造商。

注 2：基于芯片设计得到的电气参数，不在生产中测试。

注 3： $t_{\text{START_LOSC}}$ 是振荡器的发振稳定时间，指的是从软件使能振荡器到稳定输出某一频率时钟这段期间。该值会因晶体或陶瓷的制造商不同而显著改变。

下图为外部低速振荡器的典型应用连接：

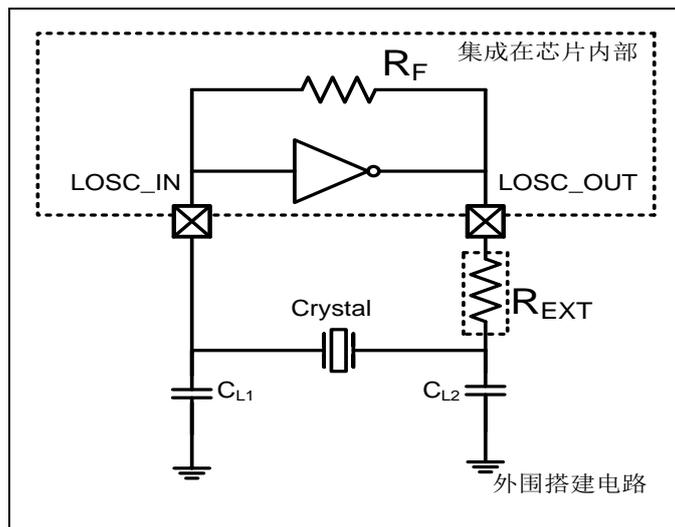


图 5-4 外部低速振荡器连接图

注： R_{EXT} 阻值取决于晶振规格特性。

5.5.6 内部时钟源电气参数

◆ 内部高速 RC 振荡器

除非特别说明，下表中的参数特性在 $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{DD}=5\text{V}$ 供电电压下测得。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{\text{HRC}}^{[1]}$	频率	—	—	4	—	MHz
Duty ^[1]	占空比	—	45	50	55	%
ACC _{HRC}	HRC 4MHz 精度	$T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$	-3	—	3	%
		$T_A=-10^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$	-1.5	—	1.5	%
		$T_A=25^{\circ}\text{C}$	-1	—	1	%
$t_{\text{START_HRC}}^{[1]}$	起振稳定时间	—	—	50	—	us
$I_{\text{DD}}^{[1]}$	HRC 电流	—	—	62	—	uA

表 5-19 内部高速 RC 振荡器特性

注 1：基于芯片设计得到的电气参数。

◆ 内部低速 RC 振荡器 (32.768KHz)

除非特别说明，下表中的参数特性在 $T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ 和 $V_{DD}=5\text{V}$ 供电电压下测得。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{\text{LRC}}^{[1]}$	频率	—	—	32.768	—	KHz
ACC _{LRC}	LRC 精度	$T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$	-5	—	5	%
		$T_A=-10^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$	-2	—	2	%
		$T_A=25^{\circ}\text{C}^{[2]}$	-1.5	—	1.5	%
$t_{\text{START_LRC}}^{[1]}$	起振稳定时间	—	—	70	—	us
$I_{\text{DD}}^{[1]}$	LRC 电流	—	—	0.6	—	uA

表 5-20 内部低速 RC 振荡器特性

注 1：基于芯片设计得到的电气参数。

注 2：生产中校准，未进行焊接。

5.5.7 锁相环电气参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{PLL_IN}^{[1]}$	PLL 输入时钟	$T_A=25^{\circ}C$	3.6	4	4.4	MHz
	PLL 输入时钟占空比	$T_A=25^{\circ}C$	45	50	55	%
$f_{PLL_OUT}^{[1]}$	PLL 倍频输出时钟	$T_A=25^{\circ}C$	48	—	72	MHz
t_{LOCK}	PLL 锁定时间	$T_A=25^{\circ}C$	—	60	200	us

表 5-21 PLL 电气参数^[2]

注 1: 请基于范围内的 f_{PLL_IN} 选择合适的倍频系数, 得到合理的 PLL 输出频率。

注 2: 基于芯片设计得到的电气参数。

5.5.8 FLASH 存储电气参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{PROG}^{[1]}$	字编程时间	$T_A=-40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$	—	25	—	us
$t_{ERASE}^{[1]}$	页擦除时间	$T_A=-40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$	—	2	—	ms
$t_{ME}^{[1]}$	程序区全擦除	$T_A=-40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$	—	8	—	ms
$I_{DD}^{[1]}$	消耗电流	读取模式 $T_A=-40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$	—	9.1	—	mA
		编程模式 $T_A=-40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$	—	1.9	—	mA
		页擦除模式 $T_A=-40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$	—	1.5	—	mA
		块擦除模式 $T_A=-40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$	—	1.5	—	mA
		空闲模式 $T_A=-40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$	—	65	—	uA
		待机模式 $T_A=-40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$	—	10	—	uA
$N_{END}^{[2]}$	擦除/编程次数	$T_A=-40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$	100K	—	—	Cycles
$t_{RET}^{[2]}$	数据保持时间	$T_A=-40^{\circ}C \sim 105^{\circ}C$	10	—	—	Years

表 5-22 存储器特性

注 1: 基于芯片设计得到的电气参数。

注 2: 基于特性化测试得到的电气参数。

5.5.9 电磁兼容性

5.5.9.1 电磁敏感性

标号	参数	条件	等级
V _{FESD}	导致系统紊乱的 IO 施加极限电压	VDD=5V, T _A =25°C, f _{HCLK} =72MHz, 遵循标准 IEC 61000-4-2	2A
V _{EFT}	电快速瞬变脉冲群	VDD=5V, T _A =25°C, f _{HCLK} =72MHz, 遵循标准 IEC 61000-4-4	4A

表 5-23 EMS 参数

5.5.10 电气最大额定值

5.5.10.1 静电释放

标号	参数	条件	等级	最大值
V _{ESDHBM}	静电释放电压 (人体模型)	T _A =25°C, 遵循标准 MIL-STD-883-3: 2019	CLASS 3A	6000V
V _{ESDCDM}	静电释放电压 (充电器件模型)	T _A =25°C, 遵循标准 JS-002: 2022	CLASS C3	2000V

表 5-24 ESD 最大额定值

5.5.10.2 静态闩锁

标号	参数	条件	等级
LU	静态闩锁等级	T _A =25°C, 遵循标准 JESD 78F.01: 2022	Class I A

表 5-25 LU 最大额定值

5.5.11 I/O 端口电气特性

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{IL}^{[1]}$	I/O 输入低电平电压 (CMOS)	$T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ $V_{DD}=5\text{V}$	—	—	$0.3*V_{DD}$	V
	I/O 输入低电平电压 (TTL)	$T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ $V_{DD}=5\text{V}$	—	—	1.0	V
$V_{IH}^{[1]}$	I/O 输入高电平电压 (CMOS)	$T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ $V_{DD}=5\text{V}$	$0.7*V_{DD}$	—	—	V
	I/O 输入高电平电压 (TTL)	$T_A=-40^{\circ}\text{C}\sim 105^{\circ}\text{C}$ $V_{DD}=5\text{V}$	2.0	—	—	V
$I_{OL}^{[1]}$	I/O 输出低电平 (驱动模式 0)	$V_{DD}=2.5\text{V } V_{OL}=0.2\text{V}$ 驱动 0	2	4	6	mA
		$V_{DD}=5\text{V } V_{OL}=0.4\text{V}$ 驱动 0	7	10	18	mA
	I/O 输出低电平 (驱动模式 1)	$V_{DD}=2.5\text{V } V_{OL}=0.2\text{V}$ 驱动 1	4	8	12	mA
		$V_{DD}=5\text{V } V_{OL}=0.4\text{V}$ 驱动 1	14	20	36	mA
$I_{OH}^{[1]}$	I/O 输出高电平 (驱动模式 0)	$V_{DD}=2.5\text{V } V_{OH}=2.3\text{V}$ 驱动 0	1	3	5	mA
		$V_{DD}=5\text{V } V_{OH}=4.6\text{V}$ 驱动 0	6	8	16	mA
	I/O 输出高电平 (驱动模式 1)	$V_{DD}=2.5\text{V } V_{OH}=2.3\text{V}$ 驱动 1	3	6	10	mA
		$V_{DD}=5\text{V } V_{OH}=4.6\text{V}$ 驱动 1	12	16	32	mA
$I_{IOLEAK}^{[1]}$	端口漏电流	I/O 处于高阻态, 接 VDD 或 VSS	—	10	—	nA
$R_{PU}^{[2]}$	I/O 上拉电阻	—	30	50	70	k Ω
$R_{PD}^{[2]}$	I/O 下拉电阻	—	30	50	70	k Ω

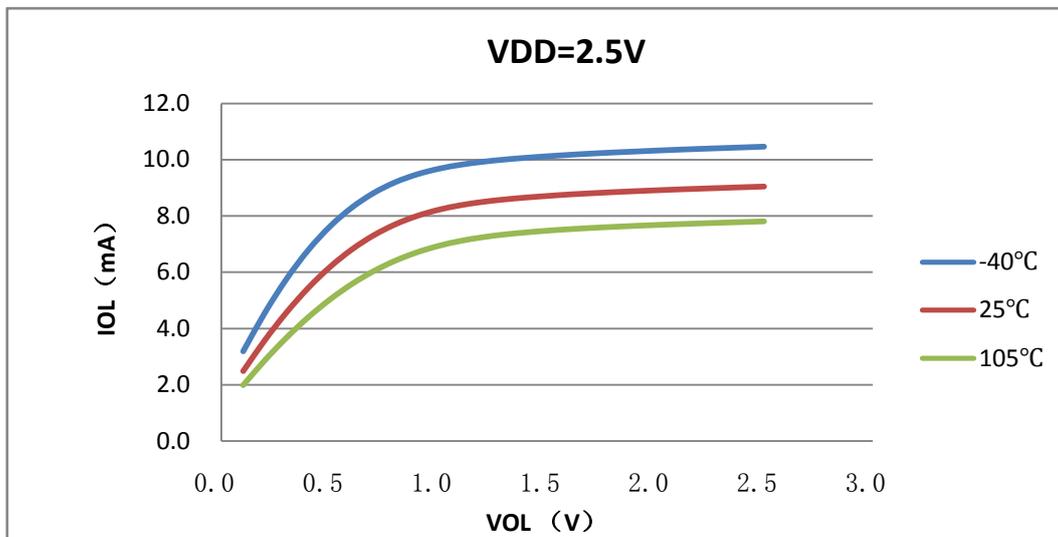
表 5-26 I/O 端口电气特性 1

注 1: 基于芯片特性化测试得到的电气参数。

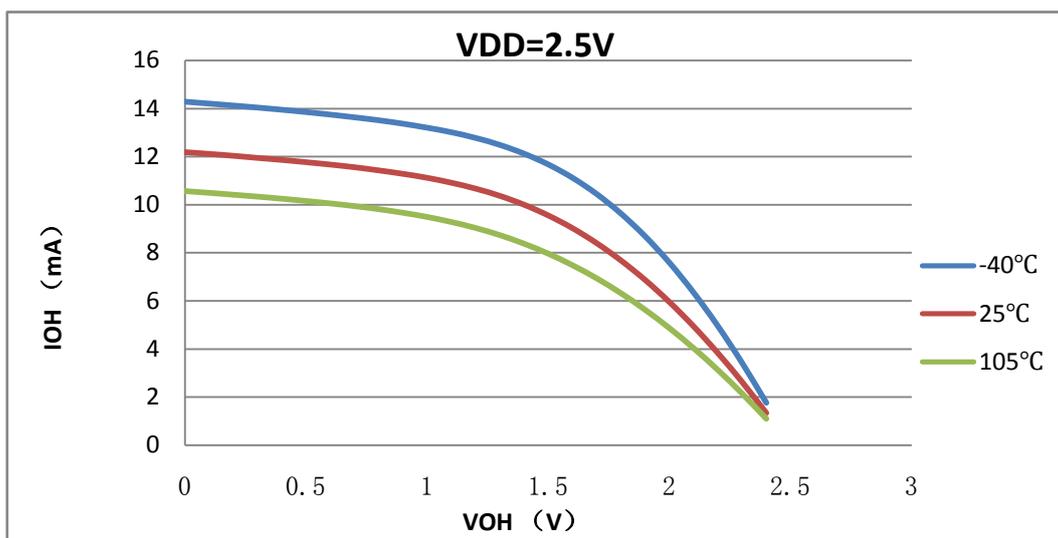
注 2: 基于芯片设计得到的电气参数。

5.5.11.1 芯片 I/O 端口输出特性 (驱动 0)

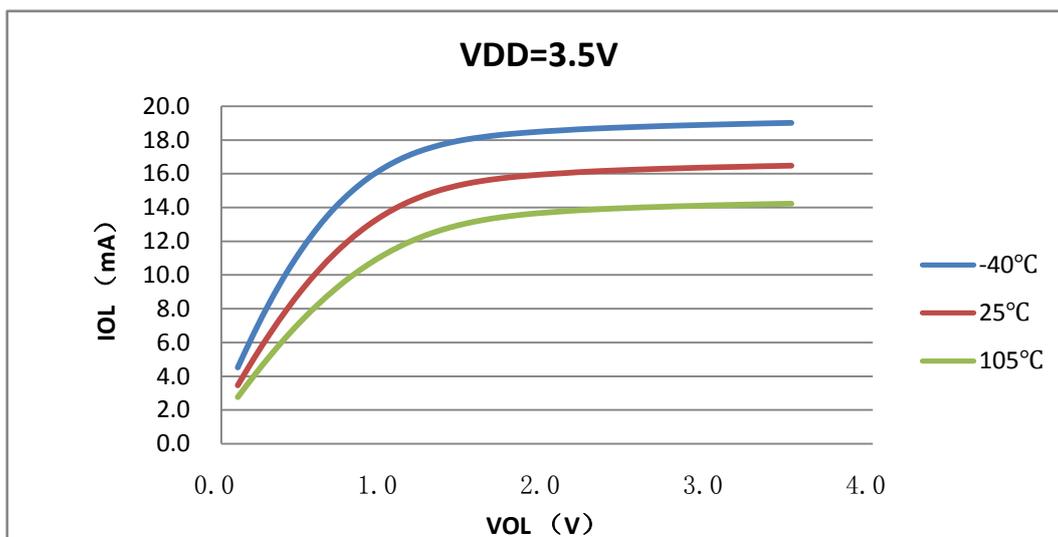
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDD=2.5V (驱动 0)



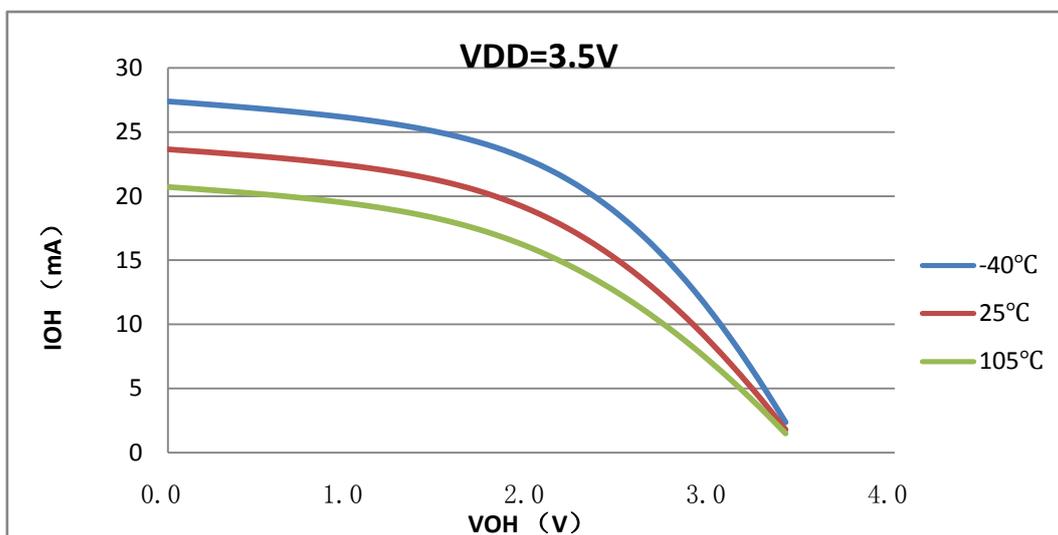
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDD=2.5V (驱动 0)



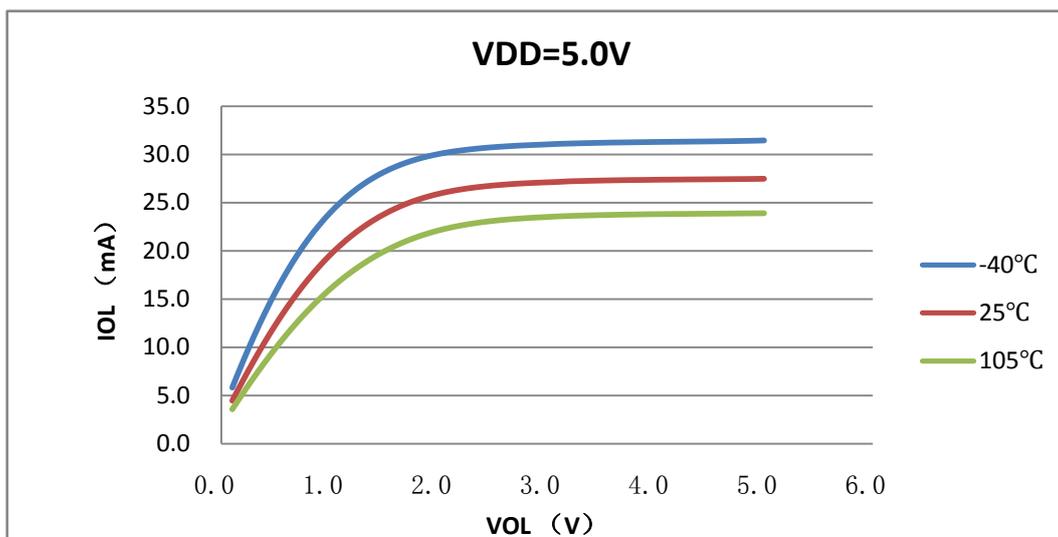
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDD=3.5V (驱动 0)



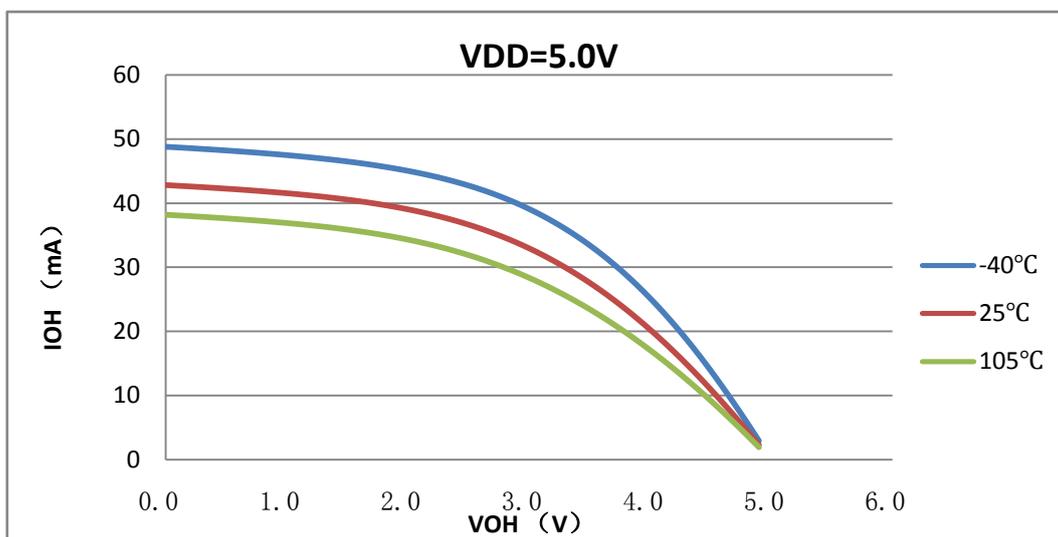
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDD=3.5V (驱动 0)



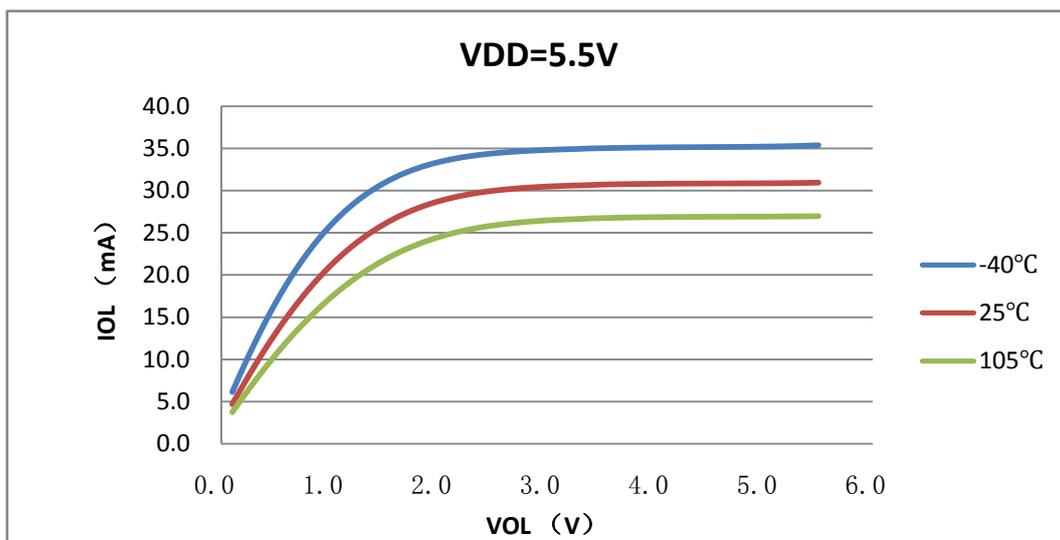
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDD=5.0V (驱动 0)



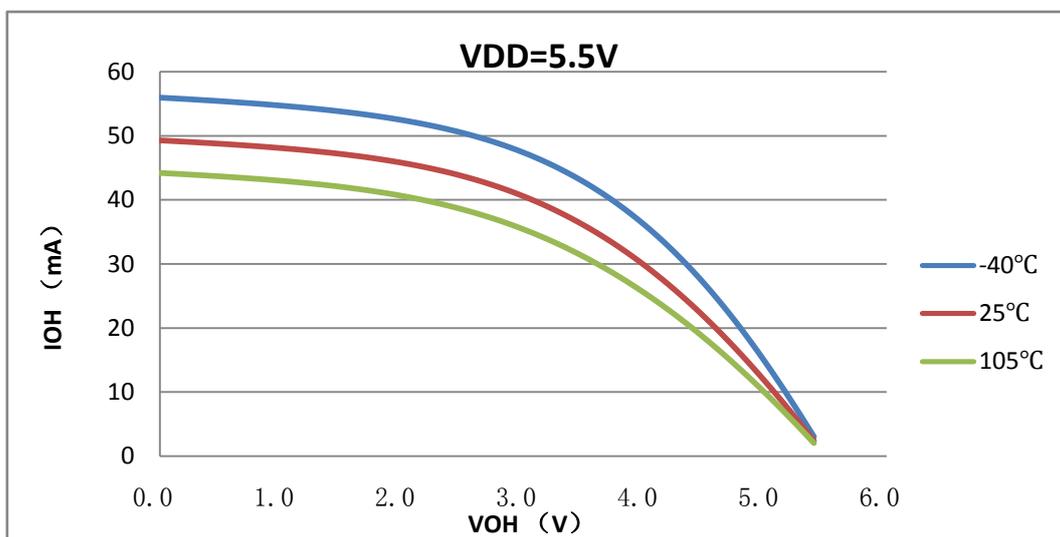
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDD=5.0V (驱动 0)



◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDD=5.5V (驱动 0)

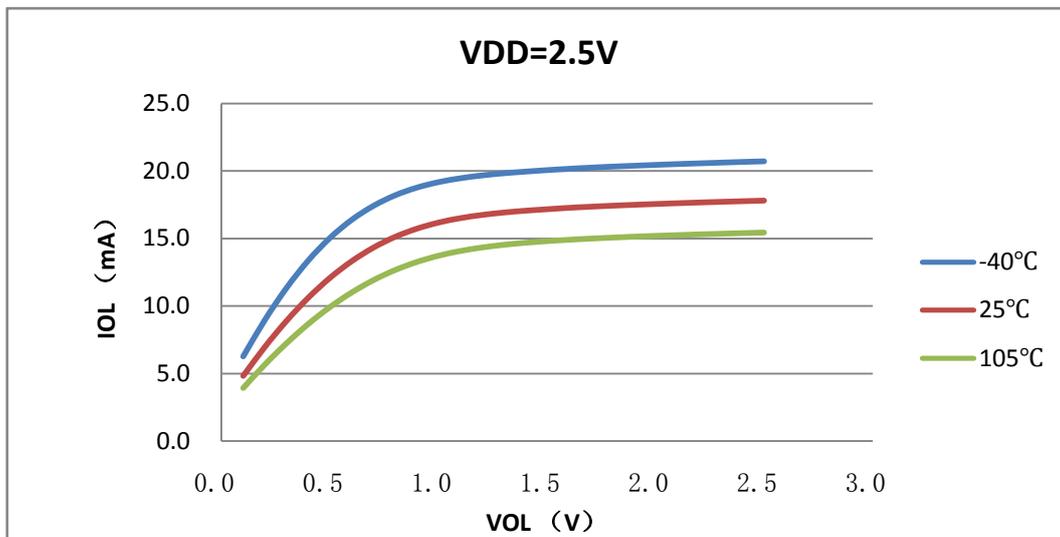


◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDD=5.5V (驱动 0)

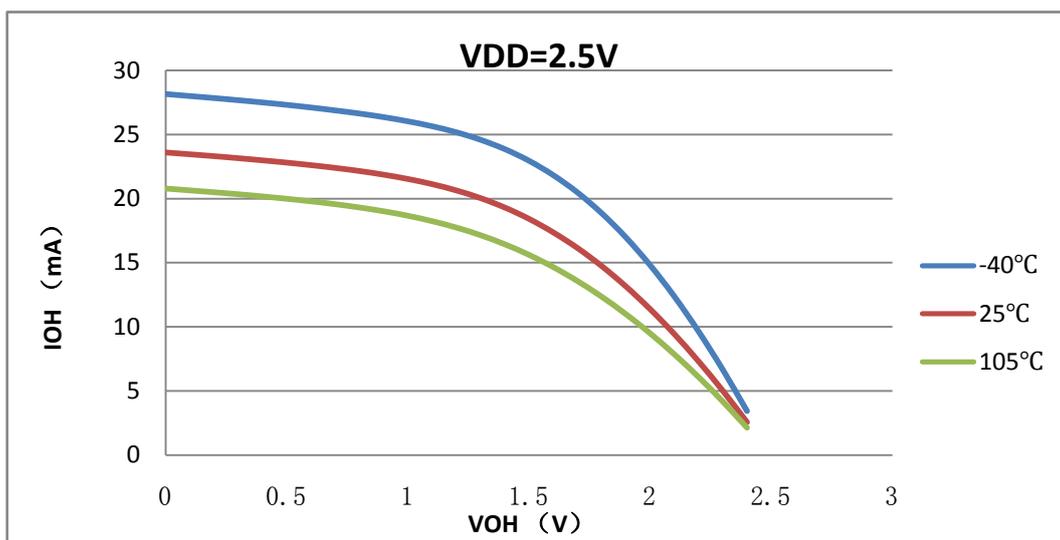


5.5.11.2 芯片 I/O 端口输出特性 (驱动 1)

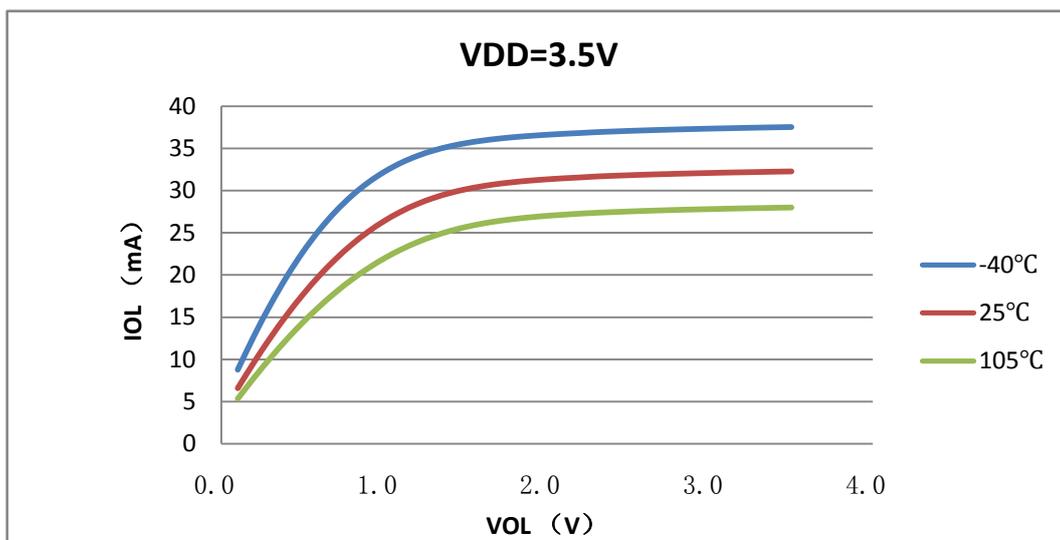
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDD=2.5V (普通端口驱动 1)



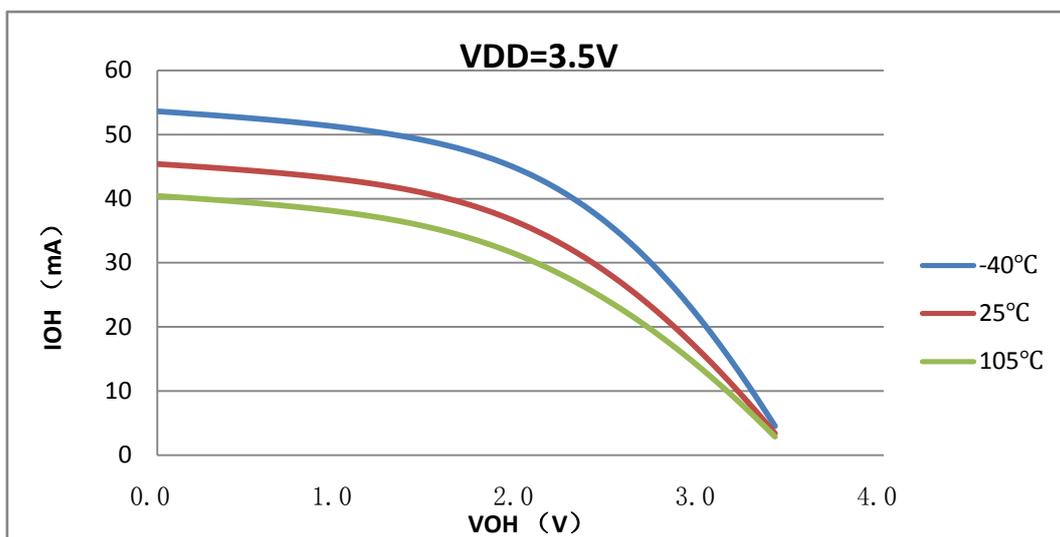
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDD=2.5V (普通端口驱动 1)



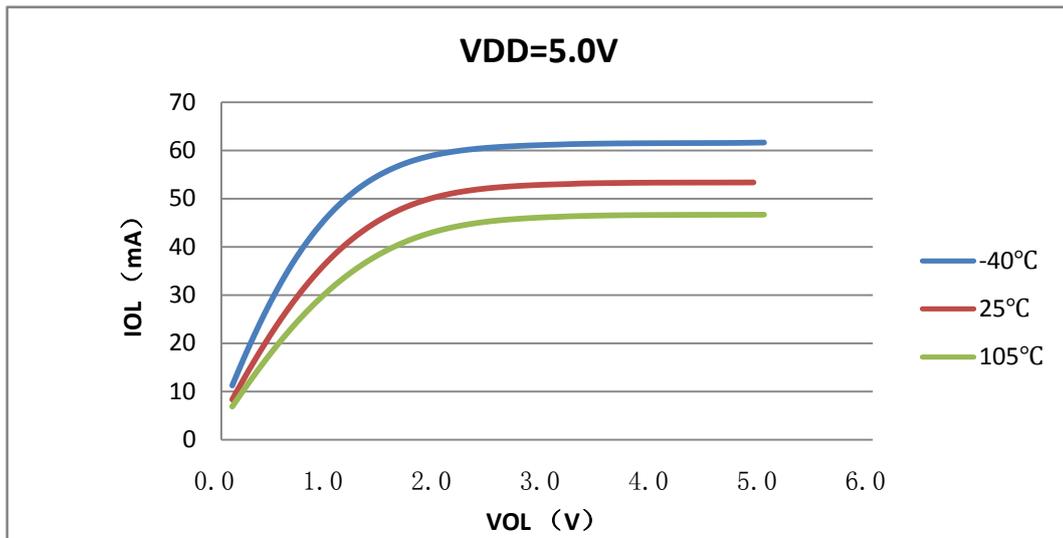
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDD=3.5V (普通端口驱动 1)



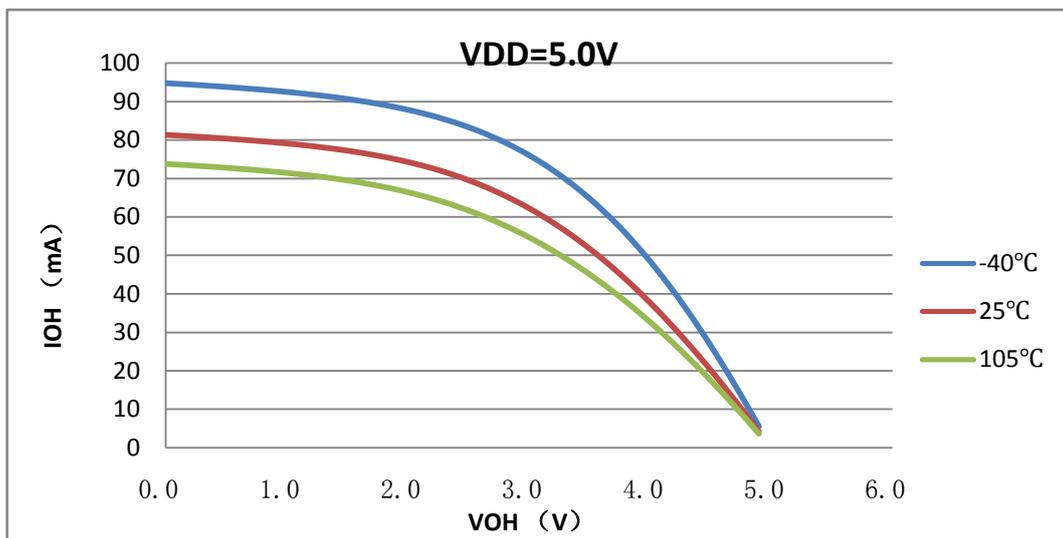
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDD=3.5V (普通端口驱动 1)



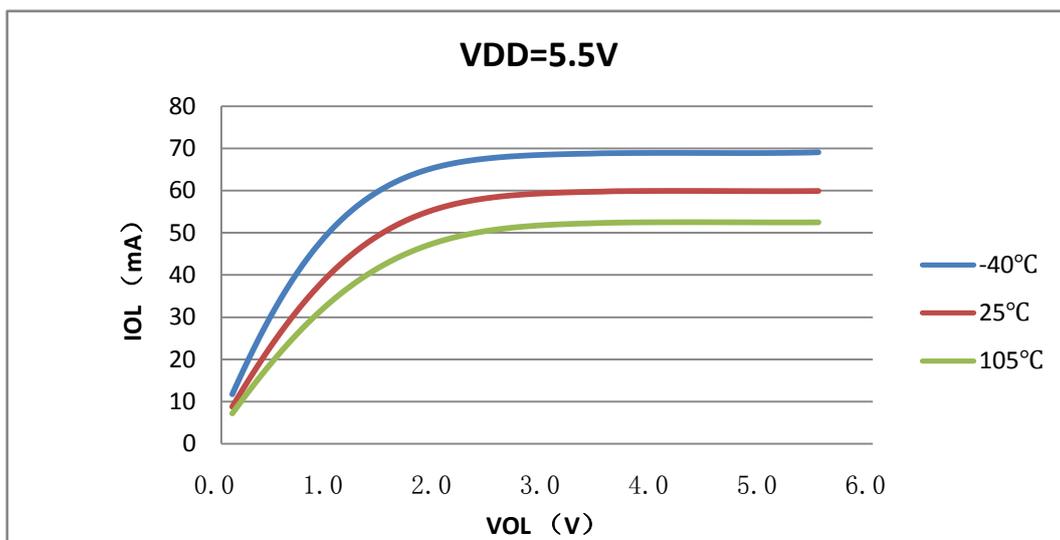
◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDD=5.0V (普通端口驱动 1)



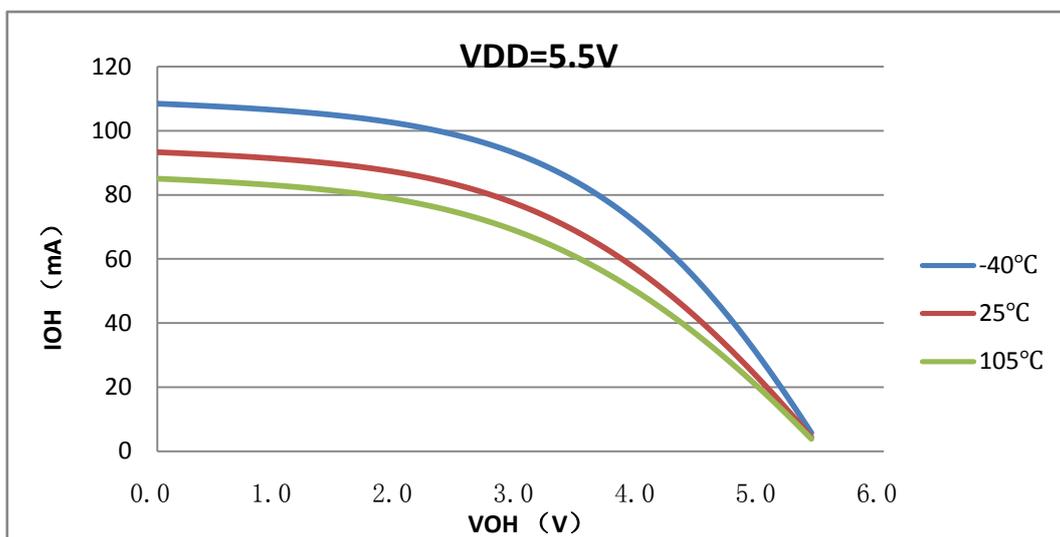
◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDD=5.0V (普通端口驱动 1)



◇ I_{OL} vs V_{OL} @VDD=5.5V (普通端口驱动 1)



◇ I_{OH} vs V_{OH} @VDD=5.5V (普通端口驱动 1)



标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$f_{\text{IOOUT_MAX}}^{[1]}$	最大输出频率	驱动 0 C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V	—	—	10	MHz
$t_{\text{IOFALL}}^{[1]}$	输出电平 从高变低的 下降时间	驱动 0 C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V	—	—	50	ns
$t_{\text{IORISE}}^{[1]}$	输出电平 从低变高的 上升时间	驱动 0 C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V	—	—	40	ns
$f_{\text{IOOUT_MAX}}^{[1]}$	最大输出频率	驱动 1 C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V	—	—	20	MHz
$t_{\text{IOFALL}}^{[1]}$	输出电平 从高变低的 下降时间	驱动 1 C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V	—	—	30	ns
$t_{\text{IORISE}}^{[1]}$	输出电平 从低变高的 上升时间	驱动 1 C= 50 pF, VDD = 2.6 V ~ 5.5 V	—	—	25	ns
$t_{\text{IOPULSE}}^{[2]}$	I/O 输入检测 脉宽	—	20	—	—	ns
$t_{\text{EXTI}}^{[2]}$	GPIO 中断检 测宽度	—	100	—	—	ns

表 5-27 I/O 端口电气特性 2

注 1: 基于芯片特性化测试得到的电气参数。

注 2: 基于芯片设计得到的电气参数。

5.5.12 MRST 电气特性

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{ILMRST}	MRST 输入低电平电压, $T_A=25^\circ\text{C}$	—	0	—	$0.3*VDD$	V
V_{IHMRST}	MRST 输入高电平电压, $T_A=25^\circ\text{C}$	—	$0.6*VDD$	—	VDD	V
$t_{PULSEMRST}$	MRST 有效宽度	—	—	1	—	ms

表 5-28 MRST 电气特性

注：基于芯片设计得到的电气参数。

以下为 MRST 参考应用电路：

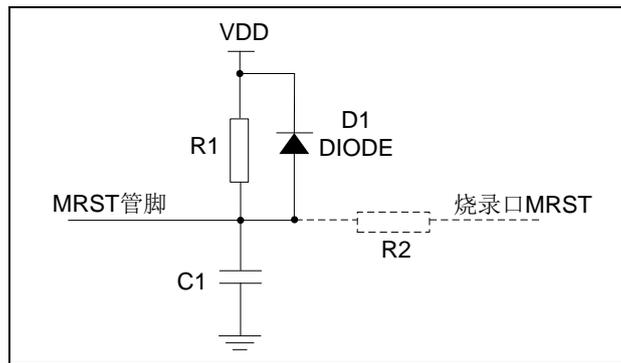


图 5-5 MRST 应用电路 1

注：采用 RC 复位，其中 $47\text{K}\Omega \leq R1 \leq 100\text{K}\Omega$ ，电容 $0.33\mu\text{F} \leq C1 \leq 1\mu\text{F}$ ，在有外部烧录口的应用系统中，需要串接 R2 作为限流电阻， $0.1\text{K}\Omega \leq R2 \leq 1\text{K}\Omega$ 。

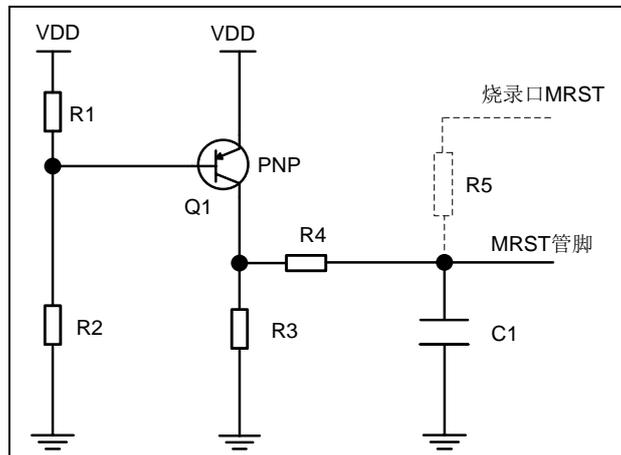


图 5-6 MRST 应用电路 2

注：采用 PNP 三极管复位，通过 R1 和 R2 分压作为基极输入，发射极接 VDD，集电极一路通过 R3 (20KΩ) 接地，另一路通过 R4 ($47\text{K}\Omega \leq R4 \leq 100\text{K}\Omega$) 和 C1 (0.33μF) 接地，C1 另一端作为 MRSTN 输入，当 VDD 为 3.3v 时，建议 R1 为 4.7KΩ，R2 为 8KΩ；VDD 为 5v 时，建议 R1 为 1.5KΩ，R2 为 5.1KΩ；在有外部烧录口的应用系统中，需要串接 R5 作为限流电阻， $0.1\text{K}\Omega \leq R5 \leq 1\text{K}\Omega$ 。

5.5.13 定时器特性参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{EXT}	定时器外部输入时钟频率	$f_{TIMER_CLK} < 72\text{ MHz}$	—	—	$f_{TIMER_CLK}/3$	MHz
t_{res}	定时器时间精度	$f_{TIMER_CLK} < 72\text{ MHz}$	1	—	—	t_{TIMER_CLK}

表 5-29 定时器特性参数

注：基于芯片设计值得到的电气参数。

5.5.14 通信特性参数

5.5.14.1 内部集成电路总线 (I2C) 特性参数

标号	参数	条件	标准模式 (100k)		快速模式 (400k)		单位
			最小值	最大值	最小值	最大值	
t _{WSCLL}	SCL 时钟 低电平时间	—	4.7	—	1.3	—	us
t _{WSCLH}	SCL 时钟 高电平时间	—	4.0	—	0.6	—	us
t _{SUSDA}	SDA 建立时间	—	250	—	100	—	ns
t _{HSDA}	SDA 保持时间	—	0	—	0	—	us
t _{RSDA} t _{RSCL}	SDA 和 SCL 上升时间	VDD=5V, 主模式 4.7k 上拉电阻, 400pf 电容 T _A =25°C	—	1	—	0.3	us
t _{FSDA} t _{FSCL}	SDA 和 SCL 的下降时间	VDD=5V, 主模式 4.7k 上拉电阻, 400pf 电容 T _A =25°C	—	0.3	—	0.3	us
t _{HSTA}	START 条件 的保持时间	VDD=5V, 主模式 4.7k 上拉电阻, 400pf 电容 T _A =25°C	4.0	—	0.6	—	us
t _{SUSTA}	重复 START 条件的建立时间	VDD=5V, 主模式 4.7k 上拉电阻, 400pf 电容 T _A =25°C	4.7	—	0.6	—	us
t _{SUSTO}	STOP 条件 的建立时间	VDD=5V, 主模式 4.7k 上拉电阻, 400pf 电容 T _A =25°C	4.0	—	0.6	—	us
t _{WSTOSTA}	STOP 至 START 条件的 总线空闲时间	VDD=5V, 主模式 4.7k 上拉电阻, 400pf 电容 T _A =25°C	4.7	—	1.3	—	us
C _{BUS}	总线电容负载 (注意: SCL 和 SDA 电容负载应 尽量保持一致)	外接电容 400pf T _A =25°C	—	400	—	400	pF

表 5-30 内部集成电路总线 (I2C) 特性参数

注: 基于芯片设计值得到的电气参数。

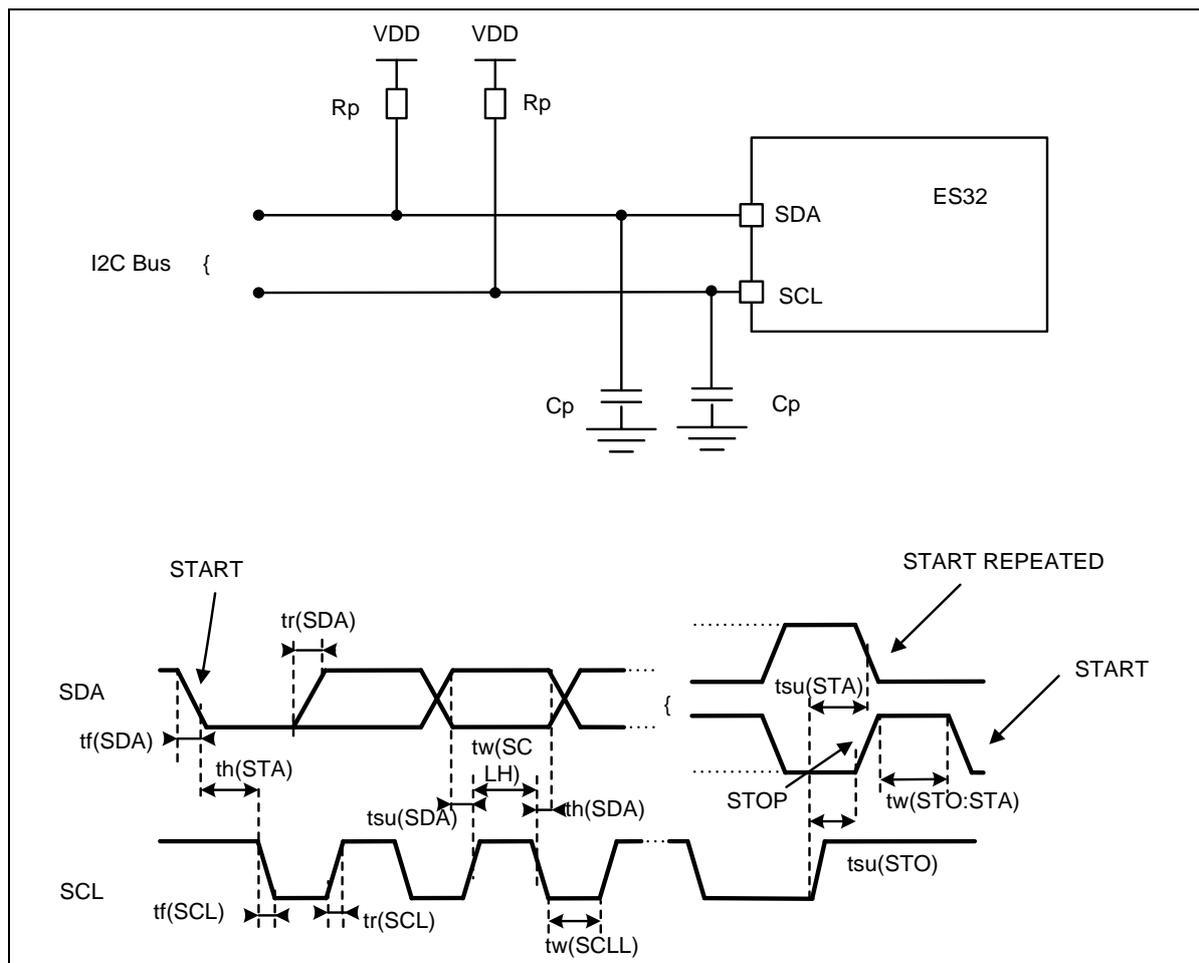


图 5-7 I2C 测试电路和波形

5.5.14.2 串行外设接口 (SPI) 特性参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
f _{SCK}	SPI 通信时钟频率	主模式, 发送 f _{PCLK1} ≤ 72MHz	—	—	f _{PCLK1} /4	MHz
		主模式, 接收 f _{PCLK1} ≤ 72MHz	—	—	f _{PCLK1} /4	MHz
		从模式, 发送 f _{PCLK1} ≤ 72MHz	—	—	f _{PCLK1} /4	MHz
		从模式, 接收 f _{PCLK1} ≤ 72MHz	—	—	f _{PCLK1} /4	MHz
t _{RSCK} t _{FSCK}	SPI 时钟 上升和下降时间	电容负载 33pF	—	—	37	ns
DUTY _{SCK}	SPI 输入 时钟占空比	从模式	30	—	70	%
t _{SUNSS}	NSS 建立时间	从模式	28t _{PCLK1}	—	—	ns
t _{HNSS}	NSS 保持时间	从模式	32t _{PCLK1}	—	—	ns
t _{WSCKH} t _{WSCKL}	SCK 高电平和 低电平时间	主模式, 发送 (f _{PCLK1} =24MHz, 4 分频)	82	—	85	ns
t _{SUMI}	输入数据建立时间	主模式	45	—	—	ns
t _{SUSI}	输入数据建立时间	从模式	140	—	—	ns
t _{HMI}	输入数据保持时间	主模式	68	—	—	ns
t _{HSI}	输入数据保持时间	从模式	132	—	—	ns
t _{ASO}	输出数据访问时间	从模式	4.5t _{PCLK1}	—	—	ns
t _{DISSO}	输出数据禁止时间	从模式	0	—	—	ns
t _{VSO}	输出数据有效时间	从模式	—	—	80	ns
t _{VMO}	输出数据有效时间	主模式	—	—	50	ns
t _{HSO}	输出数据保持时间	从模式	20	—	—	ns
t _{HMO}	输出数据保持时间	主模式	2	—	—	ns

表 5-31 SPI 特性参数

注：基于芯片设计得到的电气参数。

5.5.15 低功耗模式转换特性参数

◆ 从低功耗模式恢复的时间

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
t _{WUSLEEP1}	SLEEP 模式 唤醒时间	f _{HCLK} =72MHz, T _A =25°C	—	58	—	us
t _{WUSTOP1}	STOP1 模式 唤醒时间	f _{HCLK} =72MHz, T _A =25°C	—	218	—	us
t _{WUSTOP2}	STOP2 模式 唤醒时间	f _{HCLK} =72MHz, T _A =25°C LDO 工作在低功耗模式	—	583	—	us
t _{WUSTANDBY}	STANDBY 模式 唤醒时间	f _{HCLK} =72MHz, T _A =25°C	—	2.5	—	ms
t _{WUSHUTDOWN}	SHUTDOWN 模式 唤醒时间	f _{HCLK} =72MHz, T _A =25°C	—	2.6	—	ms

表 5-32 低功耗模式唤醒特性

注：基于芯片特性化测试得到的电气参数。

5.5.16 模数转换器（ADC）特性参数

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DD}	电源	—	2.5	—	5.5	V
V _{REFP_EXT}	外部正端参考电压	—	2	—	V _{DD}	V
V _{REFN_EXT}	外部负端参考电压	—	0			V
I _{VREF_EXT}	V _{REF_EXP} 端口电流	—	—	6	—	uA
V _{REFP_INT}	内部 1.2V 基准电压	V _{DD} =5V, T _A =25°C	1.19	1.20	1.21	V
		V _{DD} =5V, T _A =-40°C~105°C	1.16	1.20	1.24	V
f _{ADC}	ADC 时钟频率	V _{DD} 作为参考源	—	18	36	MHz
		外部参考作为参考源	—	9	18	MHz
f _{SAMPLING} ^[3]	采样率	—	—	1	2	MSPS
f _{TRIG} ^[3]	外部触发频率	—	—	—	2	MHz
V _{AIN} ^[3]	转换电压范围	—	V _{REFN} +0.02	—	V _{REFP} -0.02	V
R _{AIN} ^{[1][2][3]}	外部输入阻抗	t _{SAMPLING} =1*t _{ADC}	—	—	11	kΩ
		t _{SAMPLING} =4* t _{ADC}	—	—	50	
		t _{SAMPLING} =16* t _{ADC}	—	—	205	
		t _{SAMPLING} =128* t _{ADC}	—	—	1600	
R _{ADC} ^[3]	采样开关电阻	—	—	2	—	kΩ
C _{ADC} ^[3]	内部采样保持电容	—	—	8	—	pF
t _{SAMPLING} ^[3]	采样时间	—	1	—	256	ADC 时钟周期数
t _{PWRUP} ^[3]	ADC 上电稳定时间	参考电压稳定时间	—	18	—	us
t _{CONV} ^[3]	总体转换时间（包括采样时间）	—	—	t _{SAMPLING} +12	—	ADC 时钟周期数

表 5-33 ADC 特性

注 1: R_{AIN} 的计算公式: $R_{AIN} < t_{SAMPLING} / (C_{ADC} \times \ln(2^{N+2})) - R_{ADC}$

注 2: 上述公式用于计算外部输入阻抗的最大值使误差低于 1/4 LSB, 其中 N=12。

注 3: 基于芯片设计得到的电气参数。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
ERR _{OFFSET}	失调误差	f _{ADC} =36MHz, R _{AIN} <10kΩ T _A =25°C VREF=VDD=5V	—	1.9	4.6	LSB
ERR _{GAIN}	增益误差		—	1	4	LSB
ERR _{DNL}	差分线性误差		—	2.6	3.4	LSB
ERR _{INL}	积分线性误差		—	11.5	14.6	LSB

表 5-34 ADC 精度特性 1

注：建议对可能有负电流注入的模拟端口增加对地的肖特基二极管。因为负电流注入模拟端口会明显降低 ADC 的转换精度。

标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
ERR _{OFFSET}	失调误差	f _{ADC} =18MHz, R _{AIN} <10kΩ T _A =25°C VREF= VREF_EXT	—	0.9	2.8	LSB
ERR _{GAIN}	增益误差		—	0.6	3.3	LSB
ERR _{DNL}	差分线性误差		—	2.8	4.7	LSB
ERR _{INL}	积分线性误差		—	6.6	9.2	LSB

表 5-35 ADC 精度特性 2

注：建议对可能有负电流注入的模拟端口增加对地的肖特基二极管。因为负电流注入模拟端口会明显降低 ADC 的转换精度。

5.5.17 数模转换器 (DAC) 特性参数

标号 ^[1]	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{DD} ^[1]	电源	T _A =25°C	2.5	—	5.5	V
V _{DACO} ^[1]	输出电压	单端	0	—	V _{DD}	V
I _{DAC}	动态电流	500KSPS OP 开启	—	—	1	mA
SR _{DAC} ^[1]	更新速率	—	—	0.5	1	MSPS
t _{CONV} ^[1]	转换时间	T _A =25°C	—	1	—	us
R _{switch}	输出开关阻抗	T _A =25°C	—	0.9	—	kΩ
t _{DACSETTLE} ^[1]	DAC 稳定时间	T _A =25°C	2	—	10	us
V _{DACOFFSET} ^[1]	DAC 失调电压	单端	—	1	—	LSB
ERR _{DNL}	差分非线性误差	T _A =-40°C~105°C OP 开启	—	1.2	2.4	LSB
ERR _{INL}	积分非线性误差	T _A =-40°C~105°C OP 开启	—	3.2	8.5	LSB

表 5-36 DAC 特性

注 1: 基于芯片特性化测试得到的电气参数。

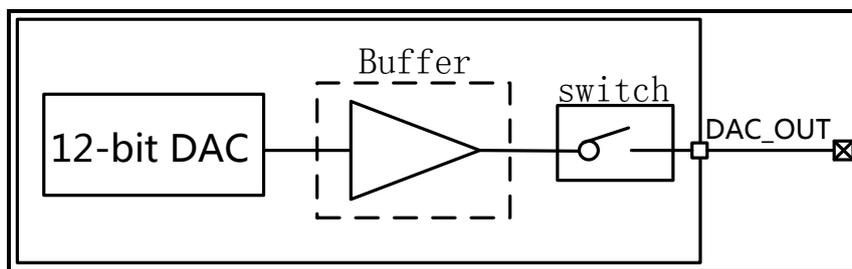


图 5-8 12-bit buffered /non-buffered DAC

5.5.18 温度传感器特性参数

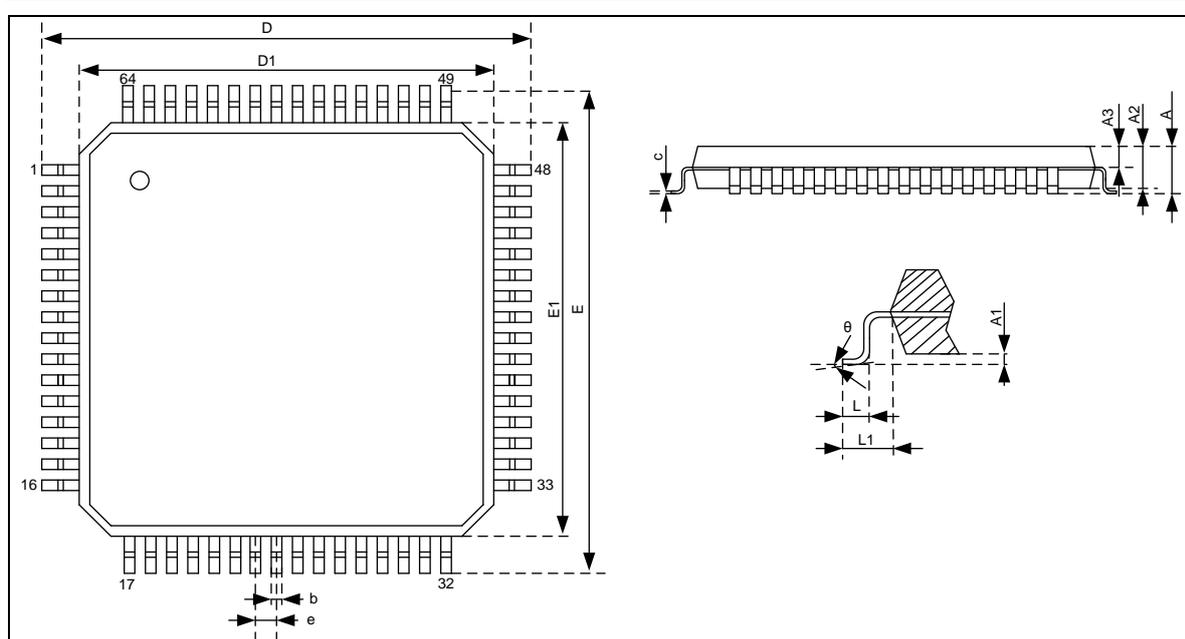
标号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
ACC _{TSENSE}	温度精度	T _A =-40°C~105°C	-7	—	7	°C

表 5-37 温度传感器特性

注: 基于芯片特性化测试得到的电气参数。

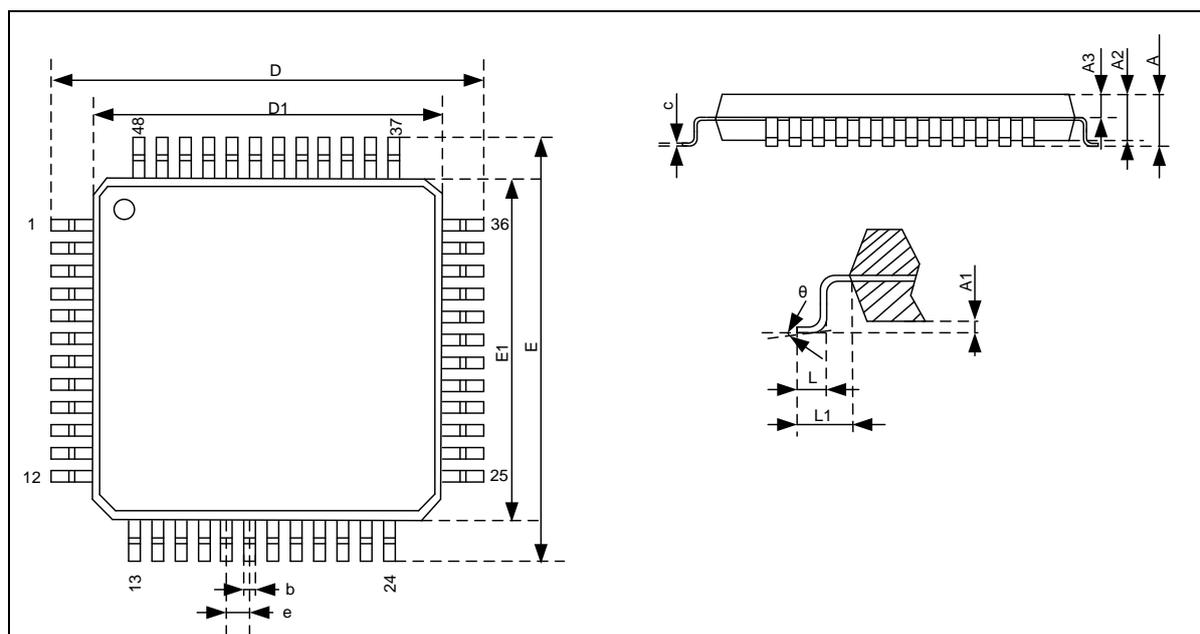
第6章 封装信息

6.1 LQFP64 封装尺寸图



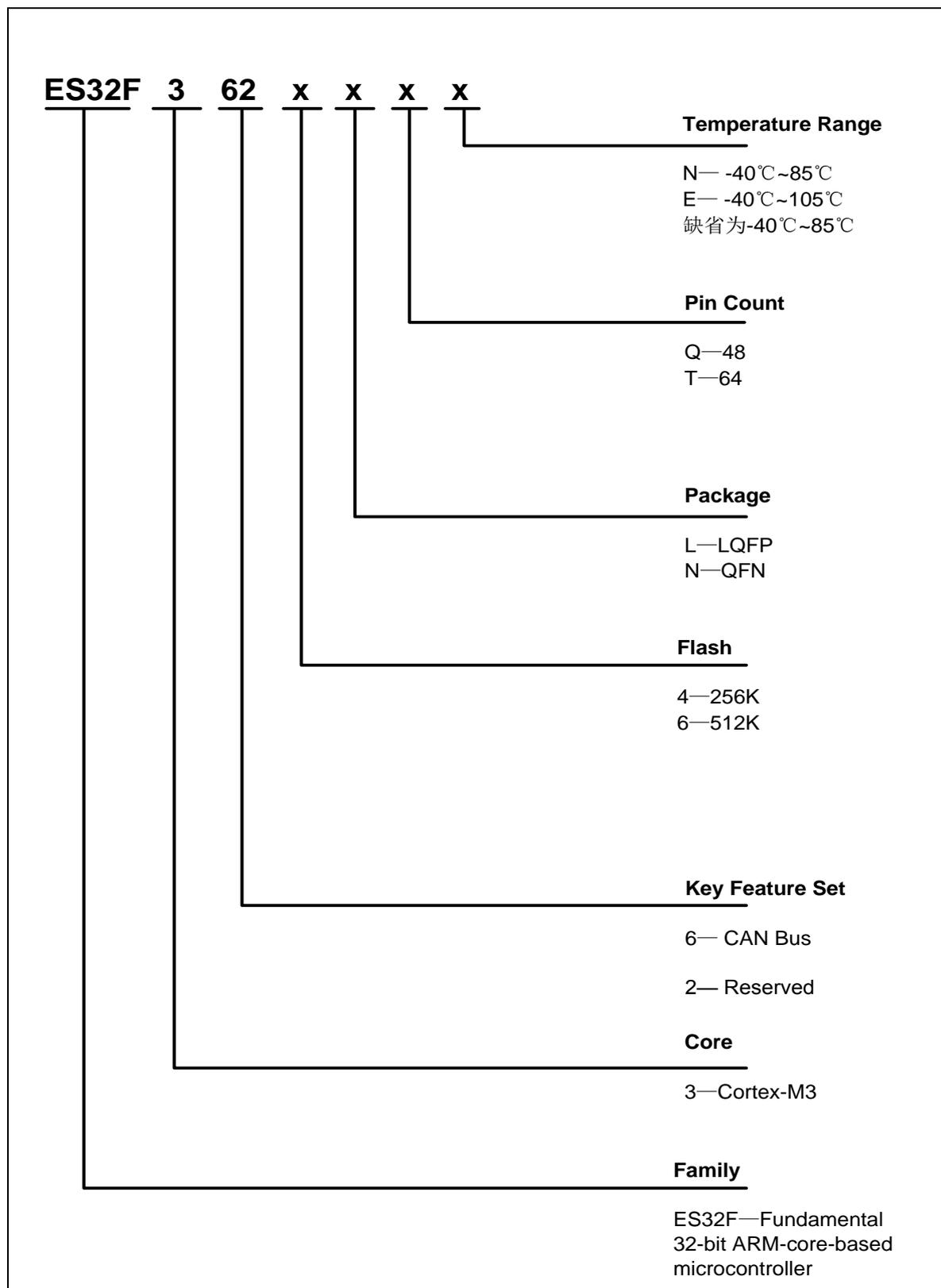
标号	公制 (mm)			英制 (inch)		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.60	—	—	0.063
A1	0.05	—	0.15	0.002	—	0.006
A2	1.35	1.40	1.45	0.053	0.055	0.057
A3	0.59	0.64	0.69	0.023	0.025	0.027
b	0.18	—	0.26	0.007	—	0.010
c	0.13	—	0.17	0.005	—	0.007
D	11.80	12.00	12.20	0.465	0.472	0.480
D1	9.90	10.00	10.10	0.390	0.394	0.398
E	11.80	12.00	12.20	0.465	0.472	0.480
E1	9.90	10.00	10.10	0.390	0.394	0.398
e	0.50BSC			0.020BSC		
L	0.45	—	0.75	0.018	—	0.030
L1	1.00REF			0.039REF		
θ	0	—	7°	0	—	7°

6.2 LQFP48 封装尺寸图



标号	公制 (mm)			英制 (inch)		
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX
A	—	—	1.60	—	—	0.063
A1	0.05	—	0.15	0.002	—	0.006
A2	1.35	1.40	1.45	0.054	0.056	0.058
A3	0.59	0.64	0.69	0.024	0.026	0.028
b	0.18	—	0.26	0.007	—	0.010
c	0.13	—	0.17	0.005	—	0.007
D	8.80	9.00	9.20	0.352	0.360	0.368
D1	6.90	7.00	7.10	0.276	0.280	0.284
E	8.80	9.00	9.20	0.352	0.360	0.368
E1	6.90	7.00	7.10	0.276	0.280	0.284
e	0.50BSC			0.020BSC		
L	0.45	—	0.75	0.018	—	0.030
L1	1.00REF			0.039REF		
θ	0	—	7°	0	—	7°

第7章 产品信息



第8章 修订历史

版本	修订日期	修订内容
V1.0	2024-07-4	初版发布